

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

MARKO VRKIĆ

„Six sigma“ metodologija i njena primjena na
smanjenju broja reklamacija ambalaže od valovitog
kartona

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018



Sveučilište u Zagrebu
Grafički fakultet

MARKO VRKIĆ

**„Six sigma“ metodologija i njena primjena na
smanjenju broja reklamacija ambalaže od valovitog
kartona**

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

doc.dr.sc. Branka Lajić

Student:

Marko Vrkić

Zagreb, 2018

Rješenje o odobrenju teme diplomskog rada

ZAHVALA

Zahvaljujem se svojoj mentorici doc.dr.sc. Branki Lajić na ukazanoj prilici i povjerenju prilikom izrade diplomskog rada. Također se zahvaljujem dr.sc. Denisu Jurečiću i gospođi Višnji Ivanov koji su mi svojim znanjem i sugestijama uvelike olakšali izradu ovog rada.

Zahvaljujem tvrtki Model Pakiranja d.d., posebno odjelu Osiguranja kvalitete, na ukazanom povjerenju i velikoj pomoći prilikom izrade diplomskog rada.

Zahvaljujem svojoj obitelji i djevojki za podršku prilikom studiranja i izrade diplomskog rada.

SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada je „Six sigma“ metodologija i njena primjena na smanjenju broja reklamacija ambalaže od valovitog kartona. U ovom radu objasniti će se osnovni pojmovi „Six sigma“ metodologije te provođenje metodologije prema DMAIC metodi. Opisat će se neki od alata za provođenje metodologije te njihovo korištenje kroz 5 faza za poboljšanje postojećeg procesa (Definiranje, Mjerenje, Analiziranje, Poboljšanje, Kontrola). Prikazat će se primjena metodologije na rješavanju problema reklamacija ambalaže valovitog kartona.

U prvom dijelu opisat će se karakteristike valovitog kartona, sirovine za njegovu izradu, vrste valovitog kartona i vrste vala koji se nalaze unutar njega.

U drugom dijelu opisat će se tehnika fleksotisak te strojevi koji služe za preradu valovitog kartona.

Treći dio predstaviti će „Six sigma“ metodologiju, njezinu povijest te razine certificiranja i uloge tima u „Six sigma“ projektima. Poseban naglasak staviti će se na DMAIC metodu pri čemu se objasniti sve faze metode te neki od alata koji se koriste za njezino provođenje. Također, navest će se DMADV metoda koja se provodi prilikom dizajniranja novog procesa te faze njezina provođenja (Definiranje, Mjerenje, Analiziranje, Dizajniranje, Provjera).

Eksperimentalni dio uključivat će rad na stvarnom projektu „Smanjenje broja reklamacija proizvoda“ kojemu je cilj smanjiti broj reklamacija ambalaže valovitog kartona. Prikazat će se provođenje projekta kroz DMAIC faze s alatima koji se koriste prilikom primjene „Six sigma“ metodologije.

KLJUČNE RIJEČI:

Six sigma, DMAIC, ambalaža, fleksotisak, valoviti karton

ABSTRACT

The theme of this master thesis is "Six Sigma" methodology and its application on reducing the number of corrugated cardboard packaging complaints. This paper will explain the basic concepts of "Six Sigma" methodology and its implementation according to the DMAIC method. There will be described some of the tools used for the implementation of the methodology and their use through five stages for improving an existing process (Define, Measure, Analyze, Improve and Control). The application of the methodology for solving problem of corrugated cardboard packaging complaints will be presented.

The first part will present the corrugated cardboard, raw materials for its making, corrugated cardboard types and types of waves inside it.

The second part will present the technique of flexographic printing and machinery used for the processing of corrugated cardboard.

The third part will present the "Six Sigma" methodology, its history, levels of certification and the role of the "Six Sigma" projects. Special emphasis will be placed on the DMAIC method, explaining all its stages and some of the tools used. The DMADV method, implemented when designing a new process, and its stages will also be mentioned (Define, Measure, Analyze,, Design, Verify).

The experimental part will include work on an actual project named „Reducing the number of product complaints” which aims to reduce the number of corrugated cardboard packaging complaints. The project will be implemented through the DMAIC stages with the tools used during the implementation of the "Six Sigma" methodology.

KEY WORDS:

Six Sigma, DMAIC, packaging, flexographic printing, corrugated cardboard

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	CILJ I HIPOTEZA RADA	2
3.	VALOVITI KARTON	3
3.1.	SIROVINE ZA IZRADU VALOVITOG KARTONA	3
3.1.1.	<i>Papiri</i>	<i>3</i>
3.1.2.	<i>Ljepila</i>	<i>5</i>
3.2.	VRSTE VALA	5
3.3.	VRSTE VALOVITOG KARTONA	7
3.4.	IZRADA VALOVITOG KARTONA	9
4.	FLESKOTISAK	11
4.1.	TEHNIKA TISKA	11
4.2.	STROJEVI ZA FLEKSOTISAK	12
5.	„SIX SIGMA“ METODOLOGIJA	15
5.1.	POVIJEST	15
5.2.	METODOLOGIJA	16
5.3.	POJASEVI I ULOGE U „SIX SIGMA“ PROJEKTU	17
5.3.1.	<i>Pokrovitelj</i>	<i>17</i>
5.3.2.	<i>Vlasnik procesa</i>	<i>18</i>
5.3.3.	<i>Prvak</i>	<i>18</i>
5.3.4.	<i>Učitelj crnog pojasa</i>	<i>18</i>
5.3.5.	<i>Nositelj crnog pojasa</i>	<i>19</i>
5.3.6.	<i>Nositelj zelenog pojasa</i>	<i>19</i>
5.3.7.	<i>Nositelj žutog pojasa</i>	<i>19</i>
5.4.	METODE	19
5.4.1.	DMAIC	22
5.4.1.1.	Definiranje	22
5.4.1.2.	Mjerenje	24
5.4.1.3.	Analiziranje	26
5.4.1.4.	Poboljšanje	28
5.4.1.5.	Kontrola	30

5.2.2. DMADV	31
6. PROVOĐENJE PROJEKTA	32
6.1. DEFINIRANJE PROJEKTA	32
6.2. MJERENJE PODATAKA	34
6.3. ANALIZIRANJE PODATAKA	38
6.4. POBOLJŠANJE PROCESA	54
6.5. KONTROLA PROCESA.....	56
7. RASPRAVA REZULTATA	58
8. ZAKLJUČAK	59
9. POPIS SLIKA I TABLICA.....	60
10. LITERATURA.....	62

1. UVOD

„Six sigma“ metodologija razvijena je početkom 20. stoljeća od strane Motorole pri čemu je tvrtka napravila drastične promjene u načinu rada kako bi se mogla suprotstaviti velikoj konkurenciji japanske industrije. Za to je dobila nagradu „The Malcolm Baldrige National Quality Award“ koja naglašava tvrtkinu predanost kupcima i kvaliteti. „Six sigma“ metodologija temelji se na mjerljivim podacima koji za cilj imaju otkloniti gubitke i poboljšati samu kvalitetu proizvoda ili procesa. Isprva se metodologija, zbog velikog broja mjerenja, većinom koristila u proizvodnim djelatnostima dok se danas koristi i u uslužnim djelatnostima pa se stoga može reći da je „Six sigma“ i filozofija koja proizvođačima i davateljima usluga daje smjernice za postizanje visoke kvalitete proizvoda i zadovoljstva kupca. „Six sigma“ metodologija teži postizanju 6σ vrijednosti što čini stabilnost procesa od 3,4 pogreške na milijun prilika [1].

„Six sigma“ metodologija provodi se pomoću dvije osnovne metode koje se koriste ovisno o tome unapređuje li se postojeći ili kreira novi proces. Metoda za poboljšanje procesa je DMAIC metoda koja se provodi kroz pet faza, a to su: definiranje (*Define*), mjerenje (*Measure*), analiziranje (*Analyze*), poboljšanje (*Improve*) i kontroliranje (*Control*); dok se za kreiranje novog procesa koristi DMADV metoda koja se provodi kroz sljedeće faze: definiranje (*Define*), mjerenje (*Measure*), analiziranje (*Analyze*), dizajniranje (*Design*) i provjera (*Verify*) [2].

2. CILJ I HIPOTEZA RADA

Eksperimentalni dio provodit će se u tvrtki Model Pakiranja d.d. koja se bavi proizvodnjom ambalaže od valovitog kartona, s početkom u prosincu 2017. godine. Reklamacije imaju veliki utjecaj na financijski aspekt tvrtke kao i njezino predstavljanje na tržištu, stoga ih je potrebno svesti na minimum. Iz tog razloga, započinje se s projektom naziva „Smanjenje broja reklamacija proizvoda“ koji za cilj ima smanjenje broja reklamacija proizvoda od valovitog kartona provođenjem „Six sigma“ metodologije. Projekt će se provesti kroz sve faze DMAIC metode prilikom čega će se koristiti alati specifični za određene faze s ciljem smanjenja broja reklamacija. U skladu s navedenim ciljem moguće je postaviti sljedeću hipotezu:

H1: *Provođenje „Six sigma“ metodologije utjecat će na smanjenje broja reklamacija proizvoda od valovitog kartona.*

3. VALOVITI KARTON

Valoviti karton materijal je koji se sastoji od dva, tri, pet ili sedam slijepljenih slojeva papira od kojih su jedan, dva ili tri valoviti. Najveću svrhu imaju kao ambalažni proizvod. Prvi se put valoviti karton spominje 1856. godine u Engleskoj, a patentirali su ga E.C. Healey i E.E. Allen. Prvim početkom proizvodnje može se smatrati 1871. godina kada je u SAD-u A.L. Jones patentirao valoviti karton koji je služio za pakiranje boca u svrhu njihove zaštite prilikom transporta. Prvi pravi valoviti karton, kojeg je 1874. godine patentirao Oliver Long, bio je sastavljen od jednog ravnog sloja i jednog valovitog sloja. Kao takav, služio je za pakiranje boca, ali i drugih proizvoda osjetljivih na silu kao što su staklo ili keramika. Proizvodnja valovitog kartona u Hrvatsku je stigla 1928. godine na odjelu „Kromolitografske tvornice Rožankovsky d.d.“ [3].

3.1. Sirovine za izradu valovitog kartona

Osnovne sirovine za izradu valovitog kartona su papir i ljepilo koji povezuju ravne i valovite slojeve.

3.1.1. Papiri

Papiri od kojih je sastavljen valoviti karton najviše utječu na njegovu kvalitetu. Papiri koji se koriste za vanjske (ravne) slojeve moraju imati veliku otpornost na vlak kako bi zadržali ravnost ploče valovitog kartona kao i veliku otpornost na udarce koji se događaju prilikom transporta. Papiri za vanjski sloj gramature su od 100 g/m² do 450 g/m² i može ih se podijeliti prema sirovini od koje se izrađuju. Papiri za izradu vala moraju imati dobru sposobnost oblikovanja te veliku otpornost na tlačnu silu.

Kraftliner je ambalažni papir za ravni sloj s najmanje 80% udjela primarnih dugih vlaknaca celuloze. Zbog tih karakteristika ima veliku otpornost na kidanje i statičko probijanje (BST). Dolazi kao prirodno smeđi ili s izbijeljenim

gornjim slojem te ga se koristi za izradu ravnog sloja u valovitom kartonu. Kraftliner zbog svoje strukture ima manju sposobnost upijanja što ga čini kvalitetnim materijalom za vanjske slojeve valovitog kartona. Izrađuje se u gramaturama od 100 g/m² do 420 g/m² [4] (Slika 1.).

Testliner može biti izrađen od isključivo recikliranog papira (testliner 3) i mješavine recikliranog papira i prirodnih celuloznih vlaknaca (testliner 2). Dolazi kao prirodno smeđi ili sa izbijeljenim gornjim slojem. Koristi se za ravni sloj u valovitom kartonu [4] (Slika 1.).

Šrenc je papir koji se izrađuje od papirnog otpada i vrlo male količine celuloze i punila. Jeftiniji je od ostalih papira i ima dobar omjer cijene i kvalitete zbog čega se često koristi u izradi valovitog kartona. Izrađuje se u gramaturama od 90 g/m² do 230 g/m² (Slika 1.).

Fluting je celulozni papir kratkih vlaknaca. Koristi se za izradu vala kod valovitog kartona. Specifičan je po svojoj sposobnosti oblikovanja u val pod utjecajem topline, vlage i valjka za oblikovanje vala. Izrađuje se u gramaturama od 80 g/m² do 180 g/m² [4] (Slika 1.).



Slika 1. – Papiri za ravni i valoviti sloj (osobna fotografija)

3.1.2. Ljepila

Na kvalitetu valovitog kartona, osim papira, utjecaj ima i izbor ljepila za povezivanje slojeva. Ljepilo mora biti kvalitetno kako bi pri velikim brzinama stroja stiglo slijepiti slojeve do te mjere da se oni ne mogu odvojiti jedan od drugoga.

U proizvodnji valovitog kartona najčešće se koristi *škrobno ljepilo* zbog njegova biljnog podrijetla i načina pripreme koji ne koristi štetne tvari. Zbog tih karakteristika pogodan je za izradu ambalaže za prehrambenu industriju [5].

Škrobno ljepilo najčešće se dobiva od kukuruza (75% ukupne proizvodnje), zatim slijedi tapioka (15% ukupne proizvodnje), pšenica (8% ukupne proizvodnje) i krumpir (7% ukupne proizvodnje) [5]. Izgledom je bijeli prah netopljiv u hladnoj vodi. Povećanjem temperature škrobna zrnca upijaju vodu, bubre i tako stvaraju heterogenu smjesu. Homogena smjesa dobiva se miješanjem i održavanjem temperature. Dodavanjem natrijeve lužine i boraksa međusobna veza se učvršćuje [5]. Škrobno ljepilo priprema se neposredno prije uporabe. Smjesa se radi u škrobnoj kuhinji prema zadanom receptu. Kad se škrob u pripremnom tanku napravi, prepumpava se u drugi tank u kojem se vrši konstantno miješanje te prelazak na stroj za izradu valovitog kartona. Škrobno ljepilo kvalitetnije je od drugih ljepila zbog dobrih reoloških svojstava elastičnosti i otpornosti na pucanje nakon sušenja. Ne prodire duboko u papir zbog čega se brzo suši, što omogućava veliku brzinu rada stroja. Ne oštećuje ležajeve i mehaničke dijelove stroja i može kvalitetno raditi u širem rasponu viskoziteta. Nedostatak je veća cijena, veliko postrojenje za pripremu škrobnog ljepila i nestabilnost ljepila pri dužem stajanju.

3.2. Vrste vala

Dobra mehanička svojstva valovitog kartona glavni su razlog njegovog širokog korištenja. Upravo za ta mehanička svojstva zaduženi su valoviti slojevi. Kako se razlikuje teret kojeg kutije od valovitog kartona prenose, tako se

razlikuju i valovi unutar valovitog kartona. Zadatak valovitog sloja je odupiranje dinamičkom probijanju zbog čega se papiri za val oblikuju u sinusoidan oblik kako bi valoviti karton imao veću mogućnost amortizacije udarca (Slika 2.).



Slika 2.- Oblik vala (osobna ilustracija)

Oblik vala definiran je visinom, brojem i korakom vala. Danas se u proizvodnji valovitog kartona najčešće koriste četiri vrste vala [6] (Tablica 1.):

Tablica 1. - Vrste vala

Kratica	Naziv	Dužina vala (mm)	Visina vala (mm)
A	grubi val	8.0-9.5	4.0-4.8
C	veliki val	6.8-7.9	3.2-3.9
B	mali val	5.5-6.5	2.2-3.0
E	mikro val	3.0-3.5	1.0-1.8

Kako se vrste valova razlikuju prema visini, dužini i broju koraka, tako se razlikuju i prema mehaničkim svojstvima pojedinog vala.

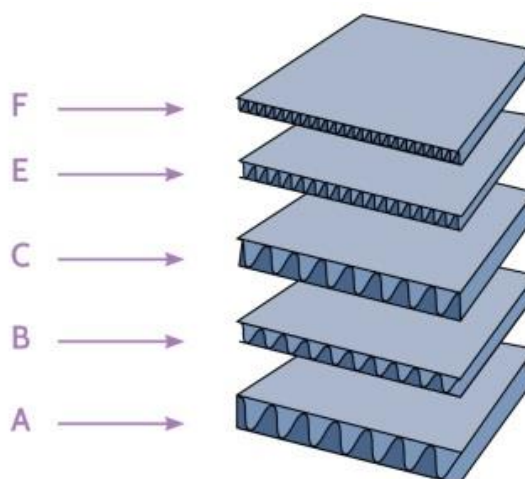
Val A ima najmanju otpornost na tlak i savijanje u smjeru okomitom na pružanje vala. Najbolje ublažava dinamička opterećenja okomita na valoviti karton te ima najveću otpornost na savijanje u smjeru pružanja vala [4].

Val C je po visini vala odmah iza vala A što ga čini nešto boljim u otpornosti na tlak i savijanju okomito na pružanje vala, no ovakva vrsta vala ima

slabiju otpornost na dinamičko opterećenje te lošije savijanje u smjeru pružanja vala [4].

Val *B* ima veliku otpornost na tlak i savijanje okomito na smjer pružanja vala, a malu otpornost na smjer okomit od pružanja vala te na dinamička opterećenja [4].

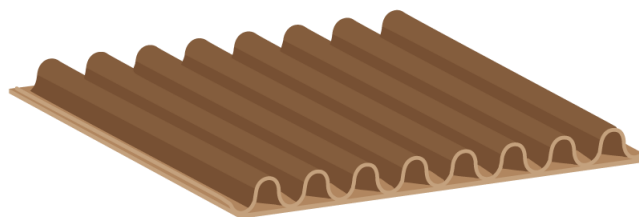
Val *E* ima najniži val i zato ima najveću otpornost na tlak i savijanje okomito od smjera pružanja vala dok su mu otpornost na dinamička opterećenja i otpornost na savijanje u smjeru pružanja vala najmanji (Slika 3.) [4]. Uz navedene valove, postoje i *valovi F i D* koji se u industriji valovitog kartona trenutno vrlo rijetko koriste.



Slika 3. - Vrste vala (preuzeto: <http://www.fibrebox.org>)

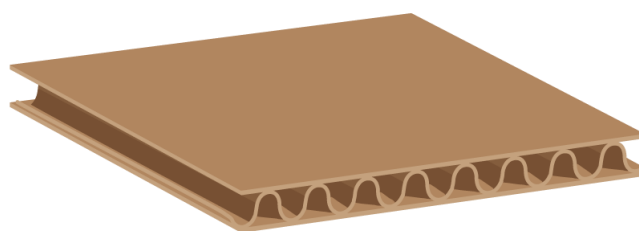
3.3. Vrste valovitog kartona

Valoviti karton dijeli se prema broju slojeva koje sadrži. Najjednostavniji je *dvoslojni* valoviti karton koji se sastoji od jednog ravnog sloja i jednog valovitog sloja [7]. On nije stabilan, nego savitljiv, a koristi se najčešće kao zaštita za boce ili keramičke posude prilikom transporta te kao podloga za kaširanje (Slika 4.).



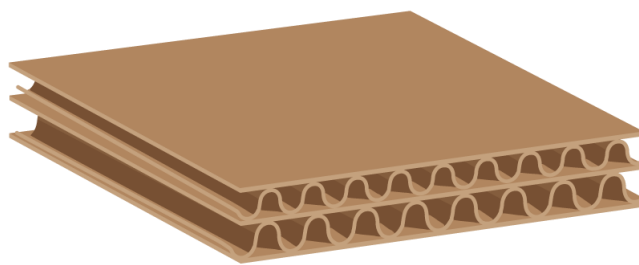
Slika 4. - Dvoslojni valoviti karton (preuzeto: <https://www.montcc.com>)

Troslojni valoviti karton sastoji se od dva ravna i jednog valovitog sloja koji su međusobno slijepljeni [7]. Ovakva vrsta valovitog kartona najviše se koristi u današnjoj proizvodnji. On je stabilan zbog dva ravna sloja koja sprječavaju savijanje valovitog sloja te se najčešće koristi u izradi kutija. Može biti izrađen u A, B, C, E, D i F valu (Slika 5.).



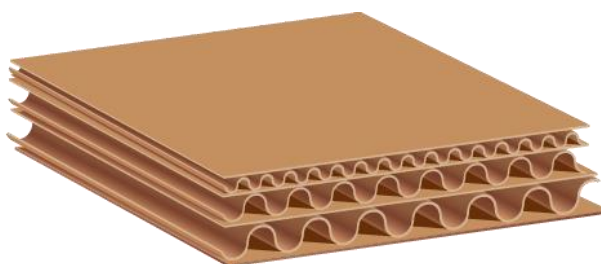
Slika 5. - Troslojni valoviti karton (preuzeto: <https://www.montcc.com>)

Peteroslojni valoviti karton sastoji se od tri ravna sloja od kojih su dva vanjska, jedan unutarnji i dva valovita sloja. Takav valoviti karton čvršći je od troslojnog kartona te se koristi za pakiranje težih i osjetljivijih proizvoda. Budući da ima dva valovita sloja, može dolaziti u kombinacijama valova. Danas se najčešće koriste kombinacije s BB, BC i EB valovima, s time da se manji val nalazi s vanjske strane, a veći s unutarnje strane valovitog kartona [7] (Slika 6.).



Slika 6. - Peteroslojni valoviti karton (preuzeto: <https://www.montcc.com>)

Sedmeroslojni valoviti karton sastoji se od četiri ravna sloja od kojih su dva vanjska, dva unutarnja i tri valovita sloja. Ovakva vrsta u današnjoj proizvodnji nije česta jer nema velike potrebe za toliko čvrstim kutijama (Slika 7.) [7].



Slika 7. - Sedmeroslojni valoviti karton (preuzeto: <http://www.nelsoncontainer.com>)

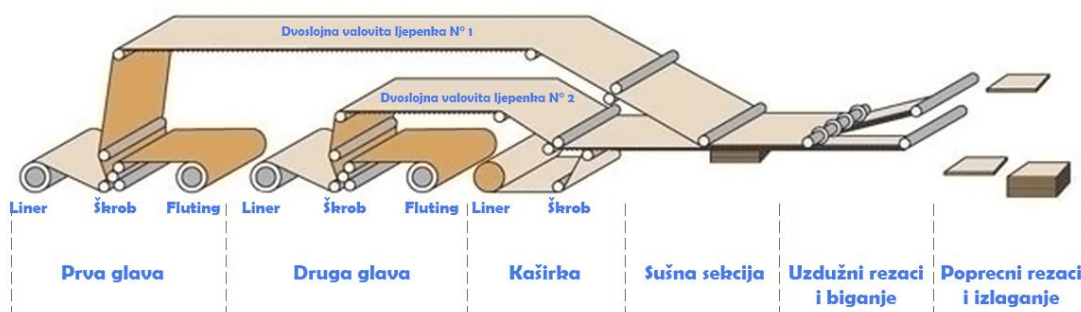
3.4. Izrada valovitog kartona

Valoviti karton izrađuje se s posebnim strojevima koji se zovu *korugatori*. Takvi strojevi imaju mogućnost izrade dvoslojnog, troslojnog, peteroslojnog i sedmeroslojnog valovitog kartona. Dugi su i do 150 metara, a danas rade brzinom većom i od 300 metara u minuti.

Korugatori se sastoje od dva glavna proizvodna procesa, a to su mokri i suhi proces. Pod mokri proces spada izrada valovitog kartona sve do sušne sekcije gdje započinje suhi dio u koji još spadaju poprečni i uzdužni rezači te izlaganje. Korugatori se sastoji od dvije glave stroja, kaširke, sušne sekcije,

poprečnog rezača, uzdužnog rezača s biganjem i izlaganja. Ukoliko se radi dvoslojni ili troslojni valoviti karton, potrebna je samo jedna glava, a ukoliko se radi o peteroslojnom, potrebne su dvije glave. Na glavi korugatora se pomoću pare i temperature oblikuje valoviti sloj koji se pomoću škrobnog ljepila lijepi s ravnim slojem. Tako dobiven dvoslojni valoviti karton dolazi do kaširke gdje se ravni sloj lijepi na dvoslojni te tako oblikuje troslojni valoviti karton. Dobiveni valoviti karton prolazi kroz sušnu sekciju gdje se suši pri temperaturi oko 150°C. Zatim dolazi do rezača koji beskonačno dugu traku valovitog kartona režu na ploče zadanih dimenzije. Dobivene ploče idu na izlaganje te kasnije na skladištenje.

Za razliku od troslojnog, za peteroslojni valoviti karton potrebno je uključiti obje glave. Na dvije glave korugatora izrade se dvoslojni valoviti kartoni koje se na kaširci sljepljuju s još jednim ravnim slojem te tako oblikuju peteroslojni valoviti karton. Proces sušenja, rezanja i izlaganja isti je kao i kod troslojnog valovitog kartona (Slika 8.).

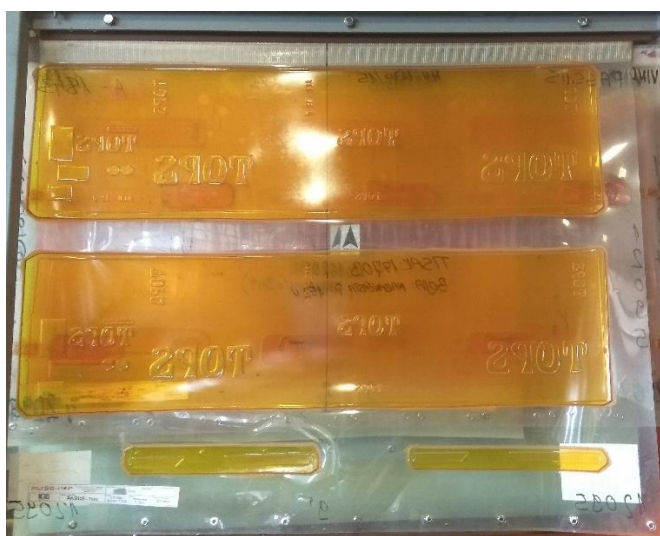


Slika 8. - Korugator (preuzeto: <http://www.rossmann.ro>)

4. FLESKOTISAK

4.1. Tehnika tiska

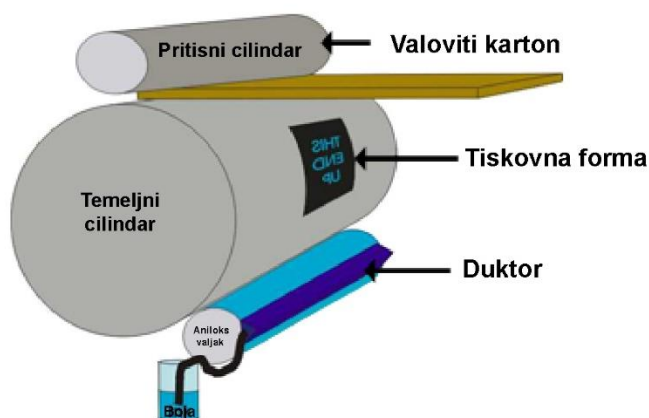
Fleksotisak je tehnika čiji su tiskovni elementi povišeni što ju svrstava u skupinu visokog tiska. Termin „fleksografija“ prvi puta spominje se početkom 1952. godine, a do tada je bio znan kao anilinski tisak [8]. Fleksotisak je brzorastući tiskarski proces koji ima široku primjenu u izradi ambalaže. Proizvodi kvalitetni tisak na premazanim i nepremazanim papirima, kartonima, valovitim kartonima te na fleksibilnim folijama. Tisak se vrši direktnim kontaktom cilindra na cilindar. Tiskovna forma (klišej) savitljiva je i izrađena od gume ili polimera te se postavlja na temeljni cilindar koji može biti različitih promjera (Slika 9.).



Slika 9. - Tiskovna forma za fleksotisak (osobna fotografija)

Ovisno o vrsti tiskovne podloge, debljina tiskovne forme može biti od 1,7 mm do 6 mm [9]. Bojila za fleksotisak imaju niski viskozitet te nije potreban veliki pritisak između tiskovne forme i tiskovne podloge što ga čini povoljnom tehnikom tiska za vrlo širok asortiman proizvoda, ali ponajviše za tisak ambalaže i valovitog kartona.

Princip tiska zasniva se na izravnom kontaktu između tiskovne podloge i tiskovne forme. Tiskovna forma postavlja se na temeljni cilindar te se na nju nanosi boja pomoću sustava valjaka preko raster (aniloks) valjka. Tiskovna forma koja je postavljena na temeljni cilindar preuzima boju s raster valjka na svoje povišene dijelove, tzv. tiskovne elemente. Boja se preko tiskovnih elemenata prenosi na tiskovnu površinu te se tako ostvaruje otisak. Tiskovna forma za fleksotisak ima dug vijek trajanja zbog manjeg pritiska forme na tiskovnu podlogu (Slika 10.).



Slika 10. - Princip rada fleksotisaka (preuzeto: www.leodesignpackaging.wordpress.com)

4.2. Strojevi za fleksotisak

Postoje tri sustava strojeva za fleksotisak, a to su: *sustav tiskarskih tornjeva*, *redni sustav* i *sustav središnjeg otiskivanja*. Sustav tiskarskih tornjeva može imati od jedne do osam tiskovnih jedinica koje su smještene jedna iznad druge, a traka se može tiskati obostrano. Redni sustav može imati do dvanaest tiskovnih jedinica postavljenih horizontalno u liniju. Često se koristi za tisak na debele tiskovne podloge kao što je valoviti karton. Može se tiskati obostrano uz pomoć preokretnog uređaja. Sustav središnjeg otiskivanja ograničen je na jednostrani tisak, a može imati od četiri do osam tiskovnih jedinica koje su smještene oko jednog tiskovnog cilindra [10].

Kad je riječ o strojevima za preradu valovitog kartona, strojeve dijelimo prema broju boja koje mogu otisnuti prilikom jednog prolaza, prema vrsti štance i prema najvećoj mogućoj širini ulaznog valovitog kartona. Strojevi mogu imati i od jedne do dvanaest tiskovnih jedinica, a prema vrsti štance dijele se na one s rotacijskom štancom i one s ravnom štancom.

Ravne štance koriste se za izradu zahtjevnijih kutija, a to su tzv. štancane kutije. Štancane kutije na sebi imaju različite rezne linije, big linije, perforacije, rupe itd. (Slika 11.)



Slika 11. - Ravna stanca (osobna fotografija)

Rotacijska stanca ovalnog je oblika i postavlja se na cilindar. Ona se uglavnom koristi za tisak uobičajenih, tzv. *american* kutija. Takva kutija nije tehnički zahtjevna stoga se, zbog brže izrade, koriste rotacijske štance (Slika 12.).



Slika 12. - Rotacijska štanca (osebna fotografija)

5. „SIX SIGMA“ METODOLOGIJA

5.1. Povijest

Korijeni „Six sigma“ metodologije potječu još od Carla Fredericka Gaussa koji je uveo koncept normalne raspodjele, no pojam „Six sigma“ prvi put javlja se 1980. godine kad je tvrtka Motorola na čelu sa glavnim direktorom Bobom Galvinem krenula s implementacijom „Six sigma“ metodologije. Razlog tomu bila je velika konkurencija tržišta i nezadovoljavajuća kvaliteta proizvoda. Zajedeno s izvršnim predsjednikom prodaje, A. Sundryem, postavili su cilj desetostrukog poboljšanja kvalitete kroz pet godina. Motorolin inženjer Bill Smith sa svojim timom 1986. godine uvodi mjere poboljšanja koje su danas poznate pod pojmom „Six sigma“. Tim je primijenio i ujedinio već poznate metodologije i alate za poboljšanje kvalitete. Uvođenjem „Six sigme“ Motorola je postala poznata kao predvodnik u kvaliteti i profitu za što je 1987. godine nagrađena nagradom „Malcolm Baldrige National Quality Award“. Tog trenutka počeli su razvoj i napredak „Six sigme“ koji se nastavljaju i danas [1].

Motorola 1999. godine osniva tim koji nudi „Six sigma“ obrazovanje čime omogućuje ostalim tvrtkama implementaciju metoda u vlastiti način rada. Kroz par godina počela su prva certificiranja zelenih i crnih pojaseva koje Motorola i danas provodi i na taj način obrazuje velik broj „Six sigma“ stručnjaka [12].

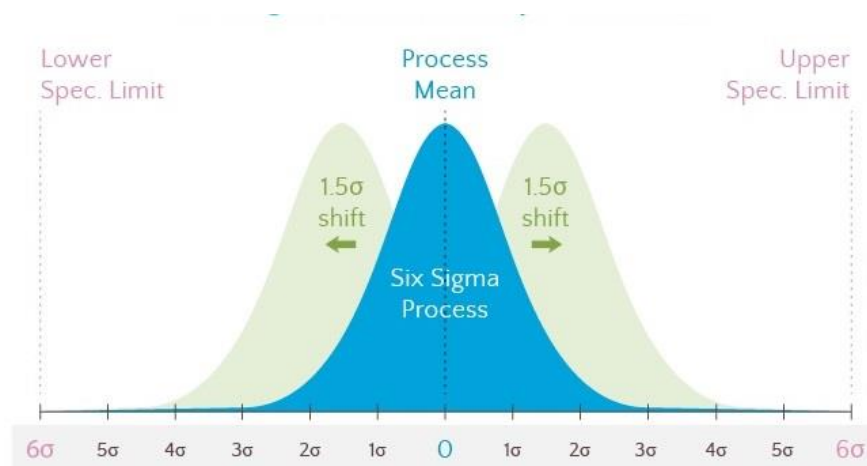
Nakon spoznaje o „Six sigma“ metodologiji veliki broj tvrtki uvodi metodologiju u svoj način rada. Najznačajniji doprinos razvoju „Six sigme“ bilo je uvođenje metodologije u General Electric 1995. godine za koju je zaslužan njezin direktor, Jack Walch. On je implementirao „Six sigma“ s ciljem da u sljedećih pet godina ona postane dio kulture tvrtke, što je i uspjelo jer je već nakon dvije godine imao uštedu od sedamsto milijuna dolara. Kasnije su „Six sigma“ metodologiju uspješno implementirale i ostale firme kao što su: Illed Signal, Intuit, Boeing Satellite Systems, American Express i mnogi drugi [18].

5.2. Metodologija

„Six sigma“ je pravilima određen pristup i metodologija bazirana na mjerljivim podacima koja za cilj ima otkriti i eliminirati negativne efekte varijacija u procesu [13]. Osnovna namjena „Six Sigma“ koncepta, u okviru metrike, je mjerenje varijabilnosti poslovnih procesa. „Six Sigma“ koristi se za mjerenje razine kvalitete, odnosno može služiti kao standard koji održava razinu kvalitete unutar dopuštenih granica [14].

Sigma ili σ je grčko slovo za standardnu devijaciju koje opisuje stupanj varijacije u određenom skupu, odnosno razinu kvalitete proizvoda, usluge ili procesa [15]. Šest u 6σ označava razinu kvalitete kojoj svaka tvrtka teži, odnosno 3,4 DPMO-a. DPMO označava broj pogrešaka na milijun prilika (*Defects per million opportunities*).

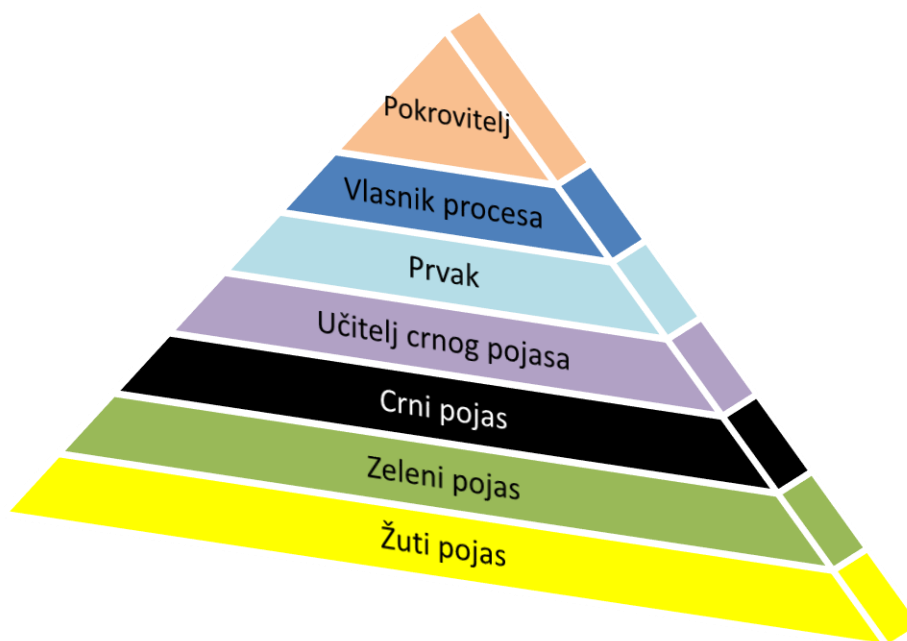
Normalna raspodjela ima površinu $\pm 6\sigma$ što označava 99,999998% točnosti, odnosno dva nedostatka na milijardu prilika. Motorolini stručnjaci su zaključili kako proces varira tijekom vremena pa su uzeli u obzir i najveći mogući pomak od $1,5\sigma$ i nazvali ga dugoročnom dinamikom srednje varijacije. S tim pomakom dolazi se do 99,9997 % točnosti, odnosno 3,4 nedostatka na milijun prilika (Slika 13.).



Slika 13. - Normalna raspodjela s pomakom od 1,5 sigma (preuzeto: www.GoLeanSixSigma.com)

5.3. Pojasevi i uloge u „Six sigma“ projektu

Za uspješno uvođenje „Six sigme“ u tvrtku potrebno je zalaganje svih djelatnika, ali i pravilno postavljena hijerarhijska ljestvica unutar projekta. Metodologija je ljestvicu preuzela iz borilačkih sportova, a predstavlja razinu potrebnih znanja i vještina (Slika 14.).



Slika 14. - Hijerarhija „Six sigma“ projekta (osobna ilustracija)

5.3.1. Pokrovitelj

Pokrovitelj je uglavnom vlasnik ili direktor tvrtke koji ima mogućnost rukovanja s novcem. Njegova zadaća je ulaganje u projekt za koji se odredi da je prihvatljiv te aktivno praćenje njegovog napretka u vidu daljnjeg sponzoriranja [1].

5.3.2. Vlasnik procesa

Vlasnik procesa je osoba koja je zadužena za provođenje projekta od početka do samo kraja te daljnju kontrola istog. U svrhu provođenja „Six sigma“ projekta dodjeljuju se razne aktivnosti timu sugerirane od strane osobe koja posjeduje crni pojas. Osoba izvješćuje pokrovitelja o aktivnostima i rezultatima tih aktivnosti. Ukratko, vlasnik procesa je glavna i odgovorna osoba za uspješno provođenje projekta [1].

5.3.3. Prvak

Prvak je osoba koja je vrlo dobro upoznata sa procesom, odnosno temom projekta. Uglavnom su to voditelji određenih odjela tvrtke koji mogu kvalitetno savjetovati vlasnike procesa ukoliko je to potrebno. Prvaci, zbog svojeg znanja, imaju veliku ulogu u postavljanju ciljeva te određivanju prepreka i troškova projekta kako bi oni bili što precizniji [1].

5.3.4. Učitelj crnog pojasa

Učitelj crnog pojasa osoba je koja je izuzetno iskusna u provođenju „Six sigma“ metodologije te iza sebe ima razne projekte koje to potvrđuju. Za razliku od nositelja crnog pojasa, učitelj ima jednu razinu znanja više, bilo to u aspektu napredne statistike, vođenja projekta ili komunikacije. Učitelj crnog pojasa provodi treninge za osnovne crne, zelene ili žute pojaseve. Uglavnom su to vanjski suradnici koji u projektu ne sudjeluju direktno, nego im je zadatak pratiti i nadgledati napredak zelenih i crnih pojaseva te, ukoliko je potrebno, uključiti se u projekt prilikom rješavanja zahtjevnijih izazova [1].

5.3.5. Nositelj crnog pojasa

Nositelj crnog pojasa osoba je kojoj je „Six sigma“ posao s punim radnim vremenom, odnosno ova osoba aktivno sudjeluje u projektima. Posjeduje razinu znanja koja zadovoljava zahtjeve crnog pojasa te iza sebe ima projekte velike važnosti koji su uspješno implementirani i provedeni unutar neke tvrtke. Nositelj crnog pojasa je učitelj i mentor nositelju zelenog pojasa te ima ovlaštenje predložiti napredne nositelje zelenog pojasa za certificiranje na viši nivo odnosno crni pojas [1].

5.3.6. Nositelj zelenog pojasa

Nositelj zelenog pojasa bavi se „Six sigma“ metodologijom polovicu svog radnog vremena dok drugu polovicu obavlja svoje ostale dužnosti u tvrtki. Predlaže i vodi manje projekte ili sudjeluje u većim „Six sigma“ projektima. Prikuplja podatke te izrađuje analize. Podučava nositelje žutog pojasa te s njima dijeli „Six sigma“ znanje. Nositelj zelenog pojas treba provesti barem jedan projekt u godinu dana kako bi zadržao certifikat zelenog pojasa [1].

5.3.7. Nositelj žutog pojasa

Nositelj žutog pojasa posjeduje osnovno znanje o „Six sigma“ metodologiji koje je stekao provođenjem projekta i polaganjem ispita za certificiranje. U projektima sudjeluje kao član, pomaže zelenom pojasu u skupljanju podataka i mjerenju.

5.4. Metode

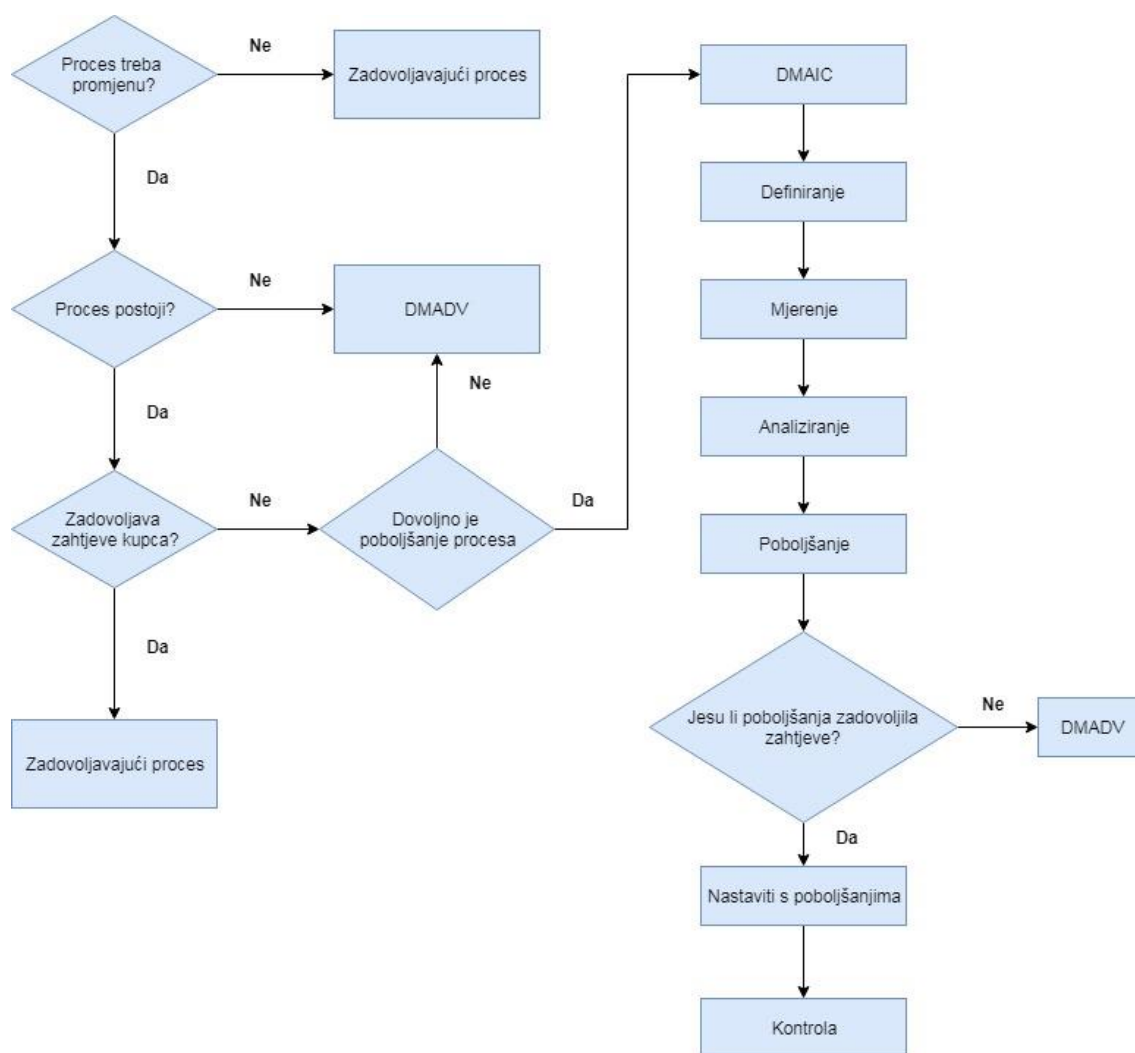
Kada proces nije u kontroli, odnosno kada ne ispunjava zadana očekivanja, bilo kupca ili troškova izrade, neophodno je poboljšati proces ili dizajnirati novi. Tijekom posljednjeg desetljeća „Six sigma“ razvila se kao jedna

od najčešće korištenih metodologija za poboljšanje procesa dok su se u posljednjih nekoliko godina razvile i metode za dizajniranje novih procesa zajedničkog naziva „Design for Six Sigma“ (DfSS) [2].

Metoda za poboljšanje procesa je tzv. DMAIC metoda (*Define – Measure – Analyze – Improve – Control*) te postojeće procese. Ukoliko procesa nema ili zahtjeva ponovnu izradu, koriste se DfSS metode među kojima je najpoznatija metoda DMADV (*Define – Measure – Analyze – Design – Verify*). U mnogim tvrtkama proces nikada nije ni bio dizajniran, nego se razvijao godinama s čestim promjenama u organizaciji, ljudskim resursima pa čak i nazivu tvrtke ili vlasnika. Takve procese je potrebno nanovo redizajnirati DMADV metodom. [2].

I DMAIC i DMADV koriste statističke alate i u svrhu rješavanja problema za dostizanje poslovnih i financijskih ciljeva tvrtke. Obje metode imaju isti cilj, odnosno dostizanje 3,4 DPMO. Kada se proces želi poboljšati, mjeri se trenutna sposobnost procesa dok se kod dizajniranja ili redizajniranja procesa mjerenje temelji na specifikacijama i potrebama kupca. Tijekom zadnje faze DMAIC metode prati sposobnost procesa za daljnji napredak dok se kod DMADV taj proces provjerava simulacijskim testom kako bi se otkrili nedostaci prije potpunog implementiranja procesa [16].

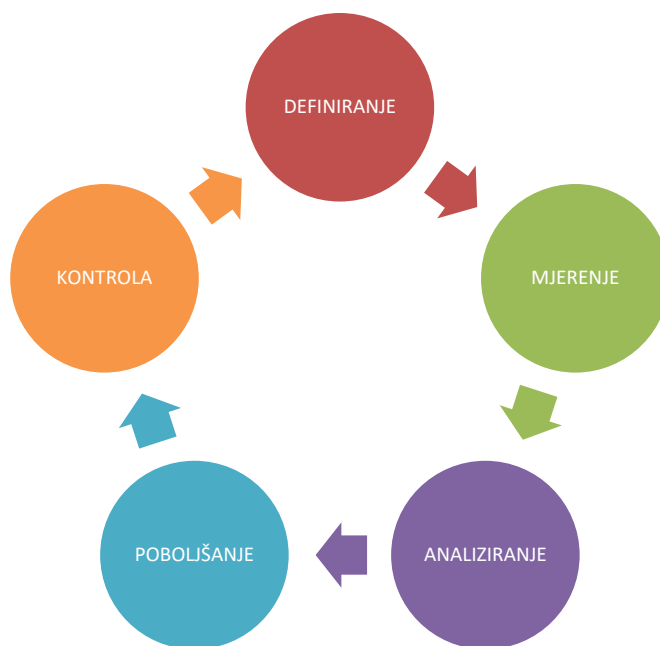
DMADV metoda povezana je s novim uslugama i proizvodima ili s procesima i uslugama koji prilikom provođenja DMAIC metode nisu zadovoljili očekivanja dok se DMAIC metoda koristi kada usluga ili proces ne zadovoljava potrebe i specifikacije kupca ali su još uvijek sposobni za poboljšanja (Slika 15.) [16].



Slika 15. - DMAIC ili DMADV dijagram (preuzeto: <https://www.sixsigmadaily.com>)

5.4.1. DMAIC

Metoda za poboljšanje procesa sastoji se od pet faza: definiranja, mjerenja, analiziranja, poboljšanja i kontrole (Slika 16.).



Slika 16. – DMAIC (osobna ilustracija)

DMAIC sadrži veliki broj različitih alata koji se koriste po fazama metode. Metoda nudi grube smjernice koje alate koristiti u kojim fazama, ali vlasnik procesa i tim mogu u bilo kojem trenutku koristiti alate koji njima u zadanom trenutku odgovaraju, odnosno koristiti one koji nisu specifičnu za tu fazu DMAIC metode.

5.4.1.1. Definiranje

U fazi „definiranje“ tim i pokrovitelj dogovaraju projekt i njegov cilj. Uz pretpostavku da je tim sastavljen, određuje se problem koji utječe na kupca,

odnosno postavlja se pitanje o razlozima nezadovoljstva kupca procesom. Određuju se granice projekta, njegove uštede i njegovi troškovi. Definira se točan cilj projekta kako se u daljnjim fazama ne bi izašlo iz zadanih okvira. Tijekom odabira projekta pazi se da projekt bude ambiciozan, ali ne preambiciozan kako tim ne bi imao problema sa završetkom projekta u zadanom vremenskom roku. Odabir neambicioznog projekta neće omogućiti uočavanje važnosti „Six sigma“ projekta pa će samim time dovesti u pitanje i financijsku potporu [17].

Za definiranje projekta koristi se Povelja projekta (*Project charter*) kojom se određuju problem i cilj projekta. U povelju se unose predviđene uštede i troškovi projekta, članovi tima, njihove zadaće u projektu kao i terminski miljokaz po kojem se vremenski prati napredak faza projekta. Povelja projekta osnovni je dokument projekta [1] (Slika 17.).

Povelja Six Sigma projekta									
Projekt:									
Problem i ciljevi					Financijski utjecaj				
Problem /izazov :					Uštede	Hard	Soft	J.mj.	
					50% od uku.nepla.zastoja			kn	
					dodatni kapac. (količine)			kn	
					Troškovi				
					trošak konz.usluga			kn	
					trošak rada tima			kn	
					trošak održavanja			kn	
					team building			kn	
Cilj:					stimulacija			kn	
					Prilike (daljnji projekti)				
Projektni tim					Terminski miljokazi				
Sponzor projekta					Planirani početak	dd.mm.gggg.	Stvarni početak	dd.mm.gggg.	
Vlasnik procesa						dd.mm.gggg.		dd.mm.gggg.	
Champion					Tollgate	Planirani datum	Revidirani datum	Stvarni datum	
Green Belt / Black Belt					DEFINE	dd.mm.gggg.	dd.mm.gggg.	dd.mm.gggg.	
Master Black Belt					MEASURE	dd.mm.gggg.	dd.mm.gggg.	dd.mm.gggg.	
Osnovni tim	Funkcija	Dopr. %	Trening		ANALYZE	dd.mm.gggg.	dd.mm.gggg.	dd.mm.gggg.	
					IMPROVE	dd.mm.gggg.	dd.mm.gggg.	dd.mm.gggg.	
					CONTROL	dd.mm.gggg.	dd.mm.gggg.	dd.mm.gggg.	
Prošireni tim					Planirani kraj	dd.mm.gggg.	Stvarni kraj	dd.mm.gggg.	
			n/a						
			n/a						

Slika 17. - Povelja projekta (preuzeto: Model Pakiranja d.d.)

Ukoliko postoji više potencijalnih projekata, potrebno ih je usporediti te odrediti koji imaju zadovoljavajući potencijal. Alat koji se koristi za takvu vrstu odabira projekta je *Pareto priority index* (PPI). PPI uzima u obzir potencijalne uštede, troškove, vjerojatnost uspjeha i predviđeno vrijeme koje će biti potrebno za provođenje projekta. Dobiveni indeks rangira projekte prema njihovom potencijalu, odnosno što je veći PPI, projekt ima veći potencijal. Svaki projekt koji ima PPI veći od četiri smatra se zadovoljavajućim za provođenje. PPI se mjeri prema formuli [16]:

$$PPI = \frac{\text{ušteta} \times \text{vjerojatnost projekta}}{\text{trošak} \times \text{predviđeno vrijeme}} \quad (I)$$

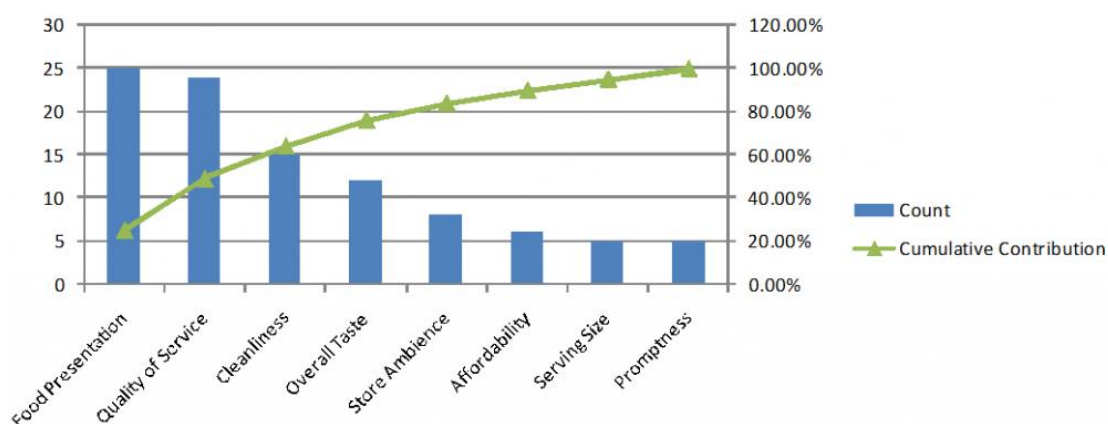
5.4.1.2. Mjerenje

Jedna od najvećih prednosti „Six sigma“ metodologije, naspram ostalih metodologija za poboljšanje, je zahtjev za upravljanjem koji se temelji na skupljanju podataka. Većina ostalih metodologija vrlo brzo kreće s poboljšanjima procesa, bez da su prije toga skupili podatke kako bi shvatili stvarni razlog određenog problema. Rezultati takvih projekata su nagli pozitivni rezultati koji su kratkotrajni ili razočaravajući na kraju projekta. Kombinacija skupljenih podataka, znanja i iskustva je ono što razlikuje istinski napredak procesa od onoga s kratkotrajnim vijekom [17].

Glavni dio faze „mjerenje“ je osiguranje potrebnih podataka te preciznost istih. Nije neuobičajeno da potrebna mjerenja ne postoje ili nisu dovoljno precizna stoga projekt zahtjeva nova mjerenja ili poboljšanje postojećih mjerenja. Svrha toga je osiguravanje usmjerenosti poboljšanja na one probleme koji nude potencijalno najveći napredak. Također, to osigurava da se odluke donesene tijekom projekta temelje na činjenicama, a ne nagađanju [18].

Kada su podaci skupljeni i kad se ustanovilo da su precizni, određuju se oni koji će biti prioritet, odnosno glavni fokus projekta. Najčešći alat za određivanje prioriteta je Pareto dijagram.

Pareto dijagram ili princip osmislio je Vilfredo Pareto po kojemu je i nazvan. Pareto dijagram prikazuje *80 – 20 pravilo* koje navodi da 80% efekata dolazi od 20% uzroka, odnosno 80% grešaka dolazi od 20% uzroka. Prvi korak je rangiranje uzroka prema njihovom zbroju. Zatim se njihov zbroj pretvara u postotak te s od njega pravi kumulativni doprinos kako bi se odredilo 80% grešaka na koje će se djelovati. Iako princip kaže kako 80% grešaka uzrokuje 20% uzroka, u realnoj situaciji ne mora biti tako. Postotak uzroka može varirati do 50% dok god je zadovoljeno djelovanje na 80% grešaka [19]. Nakon dobivenih rezultata pomoću uzroka, zbroja i kumulativnog doprinosa oblikuje se Pareto dijagram (Slika 18.).



Slika 18. - Pareto dijagram (preuzeto: <http://www.whatissixsigma.net>)

Kad se odrede mjerenja i donesu odluke o ciljanim poboljšanjima, potrebno je izmjeriti DPMO i σ vrijednost kako bi se mogla pratiti kasnija eventualna poboljšanja. DPMO se mjeri prema formuli (II):

$$DPMO = \frac{\text{broj defekata} \times 1000000}{\text{broj prilika za defekt} \times \text{broj jedinica}} \quad (II)$$

gdje je broj defekata ukupan broj uočenih defekata u mjerenom razdoblju, broj prilika za defekt označava broj prilika (mogućnosti) za defekt, a broj jedinica označava ukupan broj proizvedenih jedinica u mjernom razdoblju.

Sigma procesa računa se pomoću excel formule (III):

$$\text{Procesna Sigma} = \text{NORMSINV}(1 - (DPMO/1000000)) + 1,5 \quad (III)$$

NORMSINV označava obrnutu normalnu kumulativnu funkciju raspodjele. DPMO se izračunava prethodnom formulom (II), a s +1,5 označava se standardni pomak zbog dopuštenih varijacija procesa.

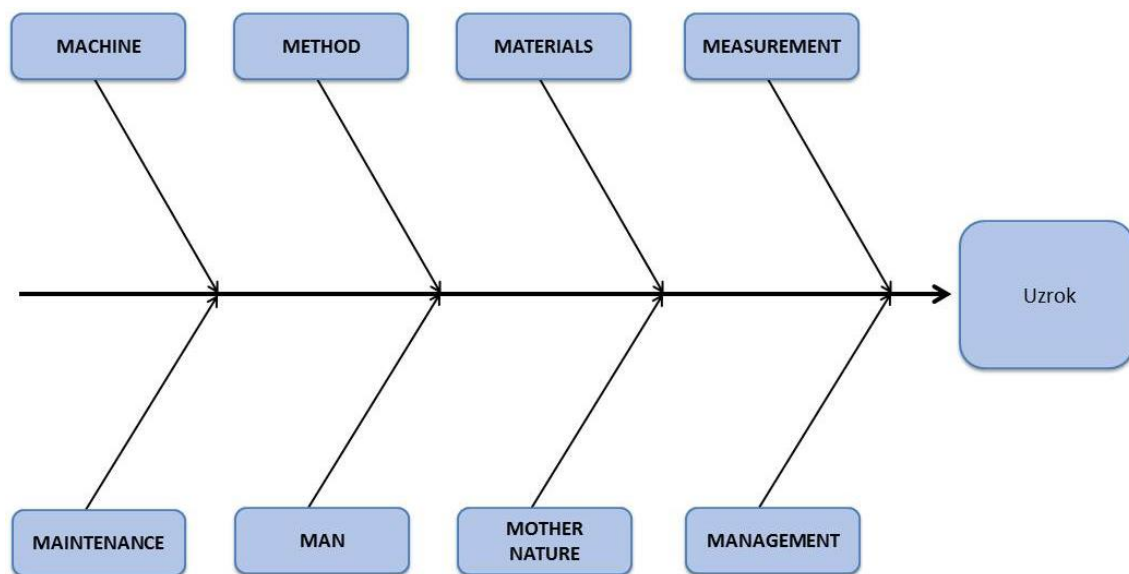
5.4.1.3. Analiziranje

Svrha DMAIC faze „analiziranje“ je dati svrhu i korist mjerenjima koji su odrađeni u prethodnoj fazi. U ovoj fazi tim koristi dobivena mjerenja kako bi otkrio glavni uzrok loše kvalitete. Važno je da tim donosi odluke isključivo prema dobivenim podacima, a ne na temelju iskustva i osobnog mišljenja [17].

Najveći posao u fazi „analiziranje“ temelji se na određivanju detaljnijih uzroka grešaka te određivanju onih koji su kritični (uzrok greške 1. stupnja) i manje kritični (uzrok greške 2. stupnja). U ovoj fazi koriste se alati poput: Ishikawa dijagrama i „5 Zašto“ (*engl. 5 Why*) metode.

Ishikawa dijagrama naziva se još i riblja kost (zbog nalika na kostur ribe). Jedan je od najzastupljenijih alata za poboljšanje kvalitete. Sastoji se od šest glavnih kategorija koje predstavljaju glavne uzroke mogućih grešaka, a to su

čovjek, materijal, metoda, stroj, mjerenje i okolinski čimbenici. Svaka glavna kategorija može se podijeliti na jednu ili više potkategorija sve dok se ne dođe do zadovoljavajućeg odgovora na uzrok greške (Slika 19.). Kako bi se strukturirala riblja kost potrebno je precizno odrediti problem, okupiti tim koji ima znanje o određenoj tematici, skicirati Ishikawa dijagram sa šest glavnih kategorija te otkriti moguće uzroke grešaka kroz provođenje tzv. „brainstorm“ procesa. [19].



Slika 19. - Ishikawa dijagram (preuzeto: Model Pakiranja d.d.)

Metoda „5 Zašto“ još je jedan alat koji se koristi prilikom provođenja DMAIC metode u fazi „analiziranje“. Njezin glavni cilj je istraživanje same srži problema jednostavnim pitanjima „Zašto?“ sve dok na njega više nema odgovora. Na primjer, ako se želi riješiti problem kašnjenja isporuke kupcu, postavljamo pitanje:

- Zašto kupac ne želi prihvatiti isporuku? Zbog toga što isporuka kasni i kutije se više ne mogu iskoristiti.
- Zašto isporuka kasni? Zbog toga što je izrada kutija trajala duže od očekivanog vremena.

- Zašto je izrada trajala duže od očekivanog vremena? Zbog toga što smo ostali bez boje.
- Zašto smo ostali bez boje? Zbog toga što je boja iskorištena na veliku neplansku narudžbu.
- Zašto je iskorištena boja za neplansku narudžbu? Zato što nabavljač nije bio u mogućnosti dostaviti boju na vrijeme.

Iz primjera se može zaključiti kako bi problem riješio dobavljač koji je u mogućnosti dostaviti boju u što kraćem vremenu.

5.4.1.4. Poboljšanje

Svrha ove faze je provesti promjene u procesu koje će pridonijeti cilju koji je tim definirao u fazi definiranja [17]. Faza poboljšanja započinje „brainstorm“ procesom kako bi se osmislili planovi aktivnosti koji će dovesti do poboljšanja procesa. [19].

Jedan od alata koji se koristi u ovoj fazi je „plan aktivnosti“. Plan aktivnosti je jednostavan način praćenja „tko“, „što“ i „kada“ provodi aktivnosti kako bi došlo do poboljšanja. Omogućava timu dokumentiranje podataka o tome tko je zadužen za određene aktivnosti i do kada aktivnosti treba izvršiti [20] (Slika 20.).

Plan aktivnosti

#	Aktivnost	Tko	Kada
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

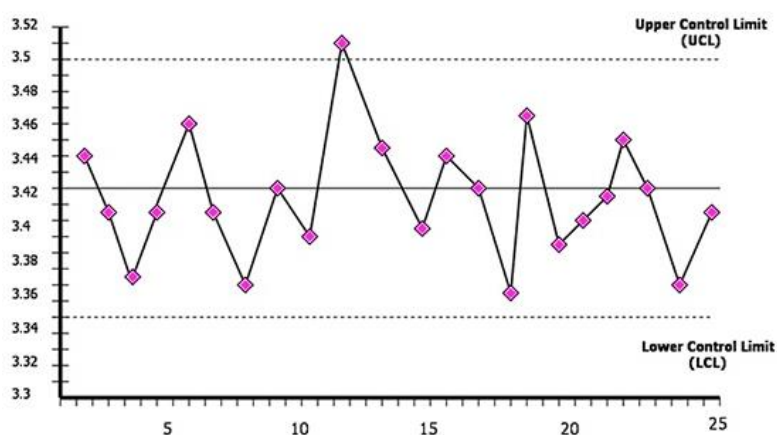
Slika 20. - Plan aktivnosti (preuzeto: <https://goleansixsigma.com>)

Nakon provođenja aktivnosti mjeri se DPMO ili procesna sigma kako bi se ustanovilo je li došlo do napretka ili ne. Ukoliko planovi aktivnosti nisu zadovoljili očekivanja, tim iznova vrši „brainstorm“ proces kako bi došli do aktivnosti koji će dovesti do poboljšanja procesa. Plan aktivnosti može se nadopunjavati i u fazi kontroliranja ukoliko je došlo do nekih novih aktivnosti koje su pridonijele poboljšanju procesa.

5.4.1.5. Kontrola

U fazi „kontrola“ bitno je izbjeći stagnaciju kada proces ide u dobrom smjeru i kada su ciljevi dostignuti, kao i biti spreman na korektivne mjere ukoliko proces krene u neželjenom smjeru ili dođe do promjene prirodne okoline [13]. Glavna svrha faze „kontrola“ je osigurati da će se promijene zadržati i provoditi dok i ako ne dođe do spoznaje da postoji bolji način za provođenje procesa [17].

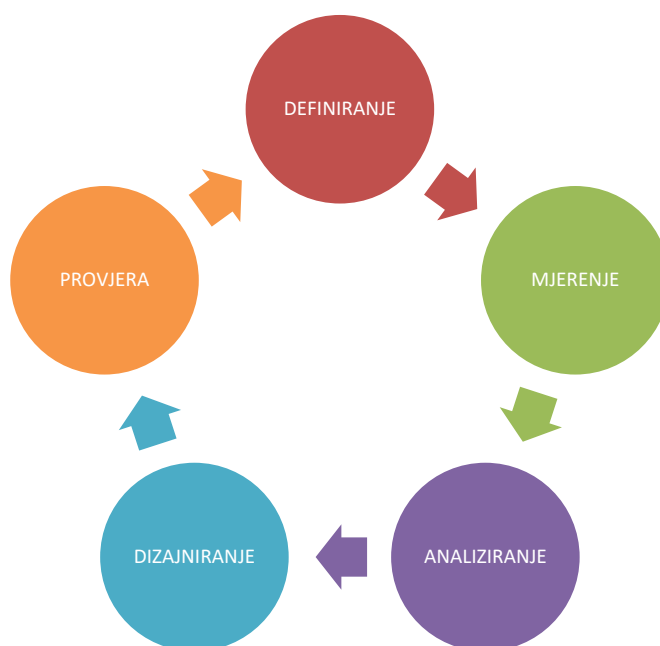
Jedan od alata faze „kontrola“ su *kontrolne karte*. Kontrolne karte prikazuju kretanje mjernih podataka u određenom vremenskom razdoblju. Pomoću prikaza se može odrediti je li varijacija u procesu normalna, odnosno spada li pod same rizike procesa ili je ona specifična i uzrokuje konstantnu varijaciju. Osnovna struktura kontrolnih karti uvijek je ista. Karta pokazuje mjerne podatke u vremenskom razdoblju, središnju liniju za prikazivanje srednje vrijednosti i kontrolne granice, odnosno donju i gornju dopuštenu vrijednost. Ako pojedinačna varijacija odskaka od cjeline ona se smatra normalnom te spada u rizike procesa. Ukoliko točke koje oblikuju liniju konstantno izlaze iz kontrolnih limita, znak su da se nešto specifično događa i da je potrebno istražiti uzroke te varijacije [17] (Slika 21.).



Slika 21. - Kontrolna karta (preuzeto: <https://byjus.com>)

5.2.2. DMADV

Metoda DMADV je najvažnija sastavnica DfSS-a. Za razliku od DMAIC metode, ona se koristi kada proces ne postoji i treba ga razviti ili ako proces postoji, ali nakon provođenja DMAIC metode još uvijek ne zadovoljava zahtjeve. Cilj prilikom implementacije DMADV metode na neki proces je dobiti proces koji postiže sigma vrijednost koju kupac traži. Sastoji se od pet faza, a to su: definiranje, mjerenje, analiziranje, dizajniranje i provjera [21] (Slika 22.).



Slika 22. – DMADV (osobna ilustracija)

Slika 24. prikazuje povelju projekta te je iz nje vidljiv naziv projekta, projektni tim s njegovim članovima, cilj i izazov projekta te vremenske odrednice izvršenja pojedinih koraka projekta. Vidljivo je kako se problem ili izazov temelji na smanjenju broja reklamacija na što nižu razinu da bi se spriječili gubitci novih naloga ili kupaca. Cilj projekta je smanjenje reklamacija za 50% uz sprječavanje gubitaka budućih i trenutnih kupaca te osiguravanje motivacije tima za rad.

U dijelu „Financijski utjecaj“ navedena su tri odjeljka: „Uštede“, „Troškovi“ i „Prilike“. Uštede se dijele na dvije kategorije, a to su kategorije „Hard“ i „Soft“. Kategorija „Hard“ prikazuje uštede koje će se dobiti direktnim provođenjem projekta, odnosno 50% uštede od trenutnog broja reklamacija u kunama. „Soft“ kategorija odnosi se na popratne uštede koje dolaze uz provođenje osnovnog cilja, odnosno „Hard“ ušteda. Takva ušteda izračunata je na temelju godišnjeg gubitka, ukoliko dođe do prekida suradnje s nekim od najvećih kupaca. Također, u „Soft“ uštedu ulazi trošak narušenog *image-a* tvrtke te samim time i gubitka potencijalnih kupaca.

Kategorija „Troškovi“ prikazuje iznose koji će biti uloženi u provođenje projekta, a to su trošak konzultacijskih usluga, odnosno trošak radionica i polaganja ispita za certificiranje. Troškovi rada tima izračunavaju se prema predviđenom broju sati koji će pojedini član tima provesti u provođenju projekta, a koji je pomnožen s prosječnom satnicom u tvrtki. Stimulacija se odnosi na dodatnu motivaciju tima za uspješno provođenje projekta. Uz to, u troškove ulazi i organizacija *team buildinga*.

U kategoriju „Prilike“ svrstavaju se dodatne prilike koje se javljaju prilikom provođenja projekta ili novi projekti koji se nadovezuju na trenutni.

U povelju se unose i sudionici projekta. Upisuju se imena i prezimena pokrovitelja, vlasnika procesa, prvaka te nositelja crnog ili zelenog pojasa. U ovom slučaju, budući da je tvrtka tek započela s implementiranjem „Six Sigma“ metodologije, zeleni pojas dolazi iz konzultantske tvrtke. Tim se još sastoji od osoba zaduženih za provođenje aktivnosti tijekom projekta. Navedena su

njihova zalaganja unutar tima, njihove funkcije u tvrtki i eventualno planiranje njihovog „Six sigma“ certificiranja.

U povelji se još navodi kategorija pod nazivom „Terminski miljkazi“ u kojoj se prate planirani i stvarni završetak DMAIC faza projekta.

Uz „Povelju projekta“, alat koji se koristi u fazi „definiranje“ je *Pareto priority indeks*, odnosno PPI. Kao što je navedeno u teorijskom dijelu, on služi za određivanje potencijala projekta. Ukoliko je on veći ili jednak od četiri, projekt se smatra potencijalnim.

Projekt „Smanjenja broja reklamacija“ je imao PPI 16,1 što ga čini vrlo potencijalnim projektom.

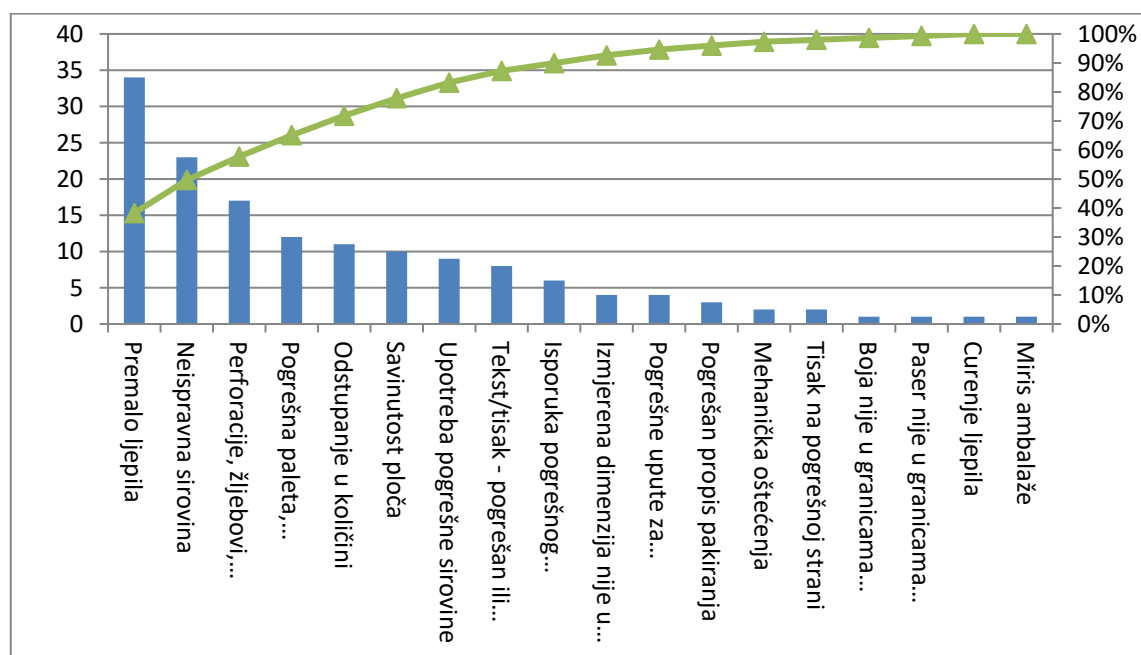
Izradom povelje i izračunom PPI svakog projekta odlučeno je da svaki projekt zadovoljava uvjete te s time započinje implementacija „Six sigma“ metodologije u tvrtku Model Pakiranja d.d.

6.2. Mjerenje podataka

Definiranjem projekta tim kreće u provođenje sljedeće faze, odnosno „mjerenje“. U ovoj fazi odrađuju se mjerenja kako bi se lakše odredio uzrok problema. Projekt „Smanjenje broja reklamacija“ već ima veliki broj točnih mjerenja u sustavu što je uvelike olakšalo timu provođenje ove faze. U tvrtki Model Pakiranja d.d. već se posljednjih sedam godina prate reklamacije te se unose u excel dokument zajedno s uzrokom, datumom i strojem na kojem je došlo do greške. Stoga, uzrok reklamacija tim je već imao te ih je trebalo samo razvrstat, izračunati postotke i kumulativne postotke od ukupnog broja reklamacija kako bi se mogao prikazati Pareto dijagram (Tablica 2.) (Slika 24.).

Tablica 2. - Mjerenja uzroka reklamacija

	Broj reklamacija	%	Kumulativni %
Premala količina ljepila	34	23	23
Neispravan materijal	23	16	39
Neodgovarajuće i nepotpune perforacije, big linije i odrezi	17	11	50
Oštećena / nepotpuna / onečišćena paleta	12	8	58
Odstupanje u količini	11	7	66
Savinutost ploča	10	7	72
Upotreba pogrešne sirovine	9	6	78
Pogrešan / nečitak tekst ili tisak	8	5	84
Isporuka pogrešnog proizvoda	6	4	88
Izmjerena dimenzija nije u skladu s deklaracijom	4	3	91
Pogrešne upute za lijepljenje	4	3	93
Pogrešan propis pakiranja	3	2	95
Mehanička oštećenja	2	1	97
Tisak na pogrešnoj strani	2	1	98
Boja nije u granicama tolerancije	1	1	99
Paser nije u granicama tolerancije	1	1	99
Curenje ljepila	1	1	99
Miris ambalaže	1	1	100
Ukupno	150		



Slika 24. - Pareto dijagram projekta

Iz dobivene tablice određuje se 80% uzroka na koje će se djelovati (označeni plavom bojom). Dobiva se osam uzroka koji čine 84% svih reklamacija.

Naknadno je utvrđeno kako se pod uzrok „Neispravan materijal“ može dodati još i „Savinutost ploča“ te „Uporaba pogrešne sirovine“ zbog njihove sličnosti i mogućnosti istovremenog rješavanja uzroka. Dodatna dva uzroka zbrojena su uzroku „Neispravan materijal“ te sad 83% od ukupnih reklamacija čine šest uzroka (Tablica 3.).

Tablica 3. - Konačni popis 80% uzroka reklamacija

	Broj reklamacija	%	Kumulativni %
Neispravan materijal	42	28	28
Premala količina ljepila	34	23	51
Neodgovarajuće i nepotpune perforacije, big linije i odrezi	17	11	62
Oštećena / nepotpuna / onečišćena paleta	12	8	71
Odstupanje u količini	11	7	78
Pogrešan / nečitak tekst ili tisak	8	5	83

Kad se odredilo 80% uzroka na koje će se projektom djelovati, slijedi posljednja stavka faze „mjerenja“, odnosno izračun DPMO-a i razine procesne sigme (Tablica 4.).

Tablica 4. – Izračun početnog DPMO-a i procesne sigme

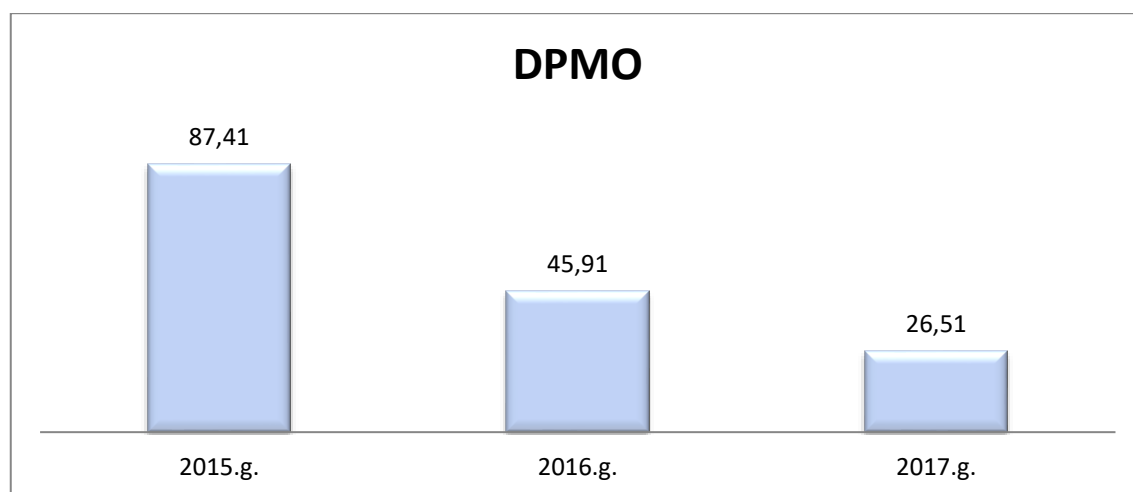
Proces sigma kalkulator				
Broj proizvedenih kutija	Broj prilika za grešku po jedinici	Ukupno reklamiranih kutija	DPMO	Sigma procesa
130417678	18	62279	26,52	5,54

Iz Tablice 4. može se vidjeti da je broj proizvedenih kutija u 2017. godini bio 130.417.678, a ukupan broj reklamiranih kutija bio je 62.279 komada. Broj prilika za grešku čine 18 uzroka iz Tablice 2. Unošenjem podataka u formulu za izračun DPMO-a dobio se rezultat 26,52, te se preko DPMO-a izračunala sigma

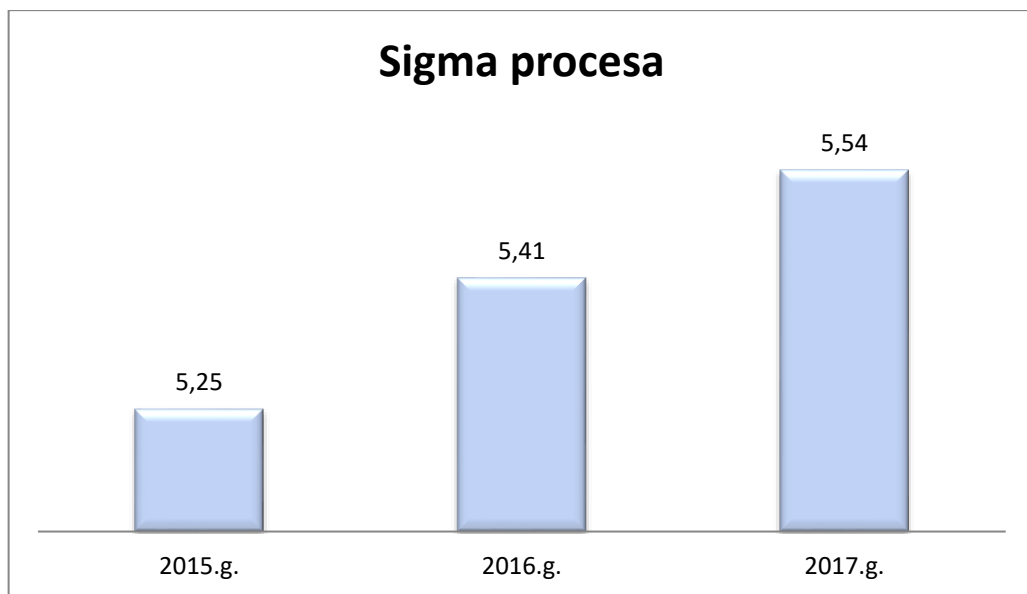
procesa koja je u tom trenutku iznosila 5,54. Zbog usporedbe, DPMO i proces sigma izračunao se i za prethodne dvije godine iz čega je vidljiv veliki napredak u smanjenju broju reklamacija i prije implementacije „Six sigma“ metodologije (Tablica 5.) (Slika 27.) (Slika 28.).

Tablica 5. - DPMO i sigma procesa 2015., 2016. i 2017. godinu

	2015.g.	2016.g.	2017.g.
Broj proizvedenih kutija	127.458.813	121.889.080	130.417.678
Broj prilika za grešku po jedinici	18,00	18,00	18,00
Ukupni broj reklamiranih kutija	200.536	100.726	62.243
DPMO	87,41	45,91	26,51
Proces sigma	5,25	5,41	5,54



Slika 25. - DPMO za 2015., 2016. i 2017. godinu

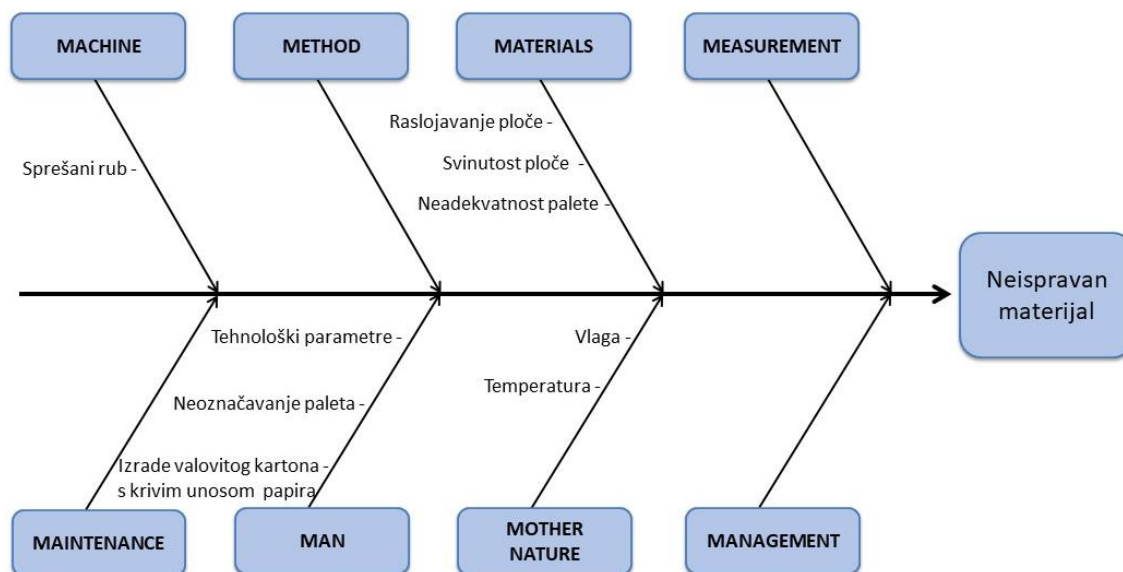


Slika 26. - Sigma procesa za 2015., 2016. i 2017. godinu

6.3. Analiziranje podataka

Kako bi mjerenja iz prethodne faze imala svrhu, potrebno je provesti detaljniju analizu uzroka reklamacija. U fazi „mjerenje“ odredilo se šest glavnih uzroka na koje će se djelovati, stoga se u tom smjeru provodi detaljnija analiza.

Prvi alat koji se koristi je Ishikawa dijagram, pomoću kojeg će se odrediti dodatni razlozi grešaka za svaki od glavnih uzroka reklamacija. Kao najveći uzrok reklamacije izmjeren je „Neispravan materijal“ sa 28% od ukupnih reklamacija te s njime započinje analiza pomoću Ishikawa dijagrama (Slika 25.).



Slika 27. - Ishikawa dijagrama „Neispravan materijal“

Na Slici 29. prikazani su razlozi grešaka koji su mogli utjecati na uzrok reklamacije „Neispravan materijal“. Razlozi grešaka svrstani su u kategorije s obzirom na način na koji su nastale.

U kategoriju „Machine“ svrstavaju se greške nastale na stroju. Jedan od mogućih razloga grešaka je *sprešani rub* do kojeg dolazi zbog „crash“ valjaka na korugatoru koji valoviti karton prešaju po rubu pri čemu dolazi do proizvodnje materijala čija površina nije u potpunosti ravna.

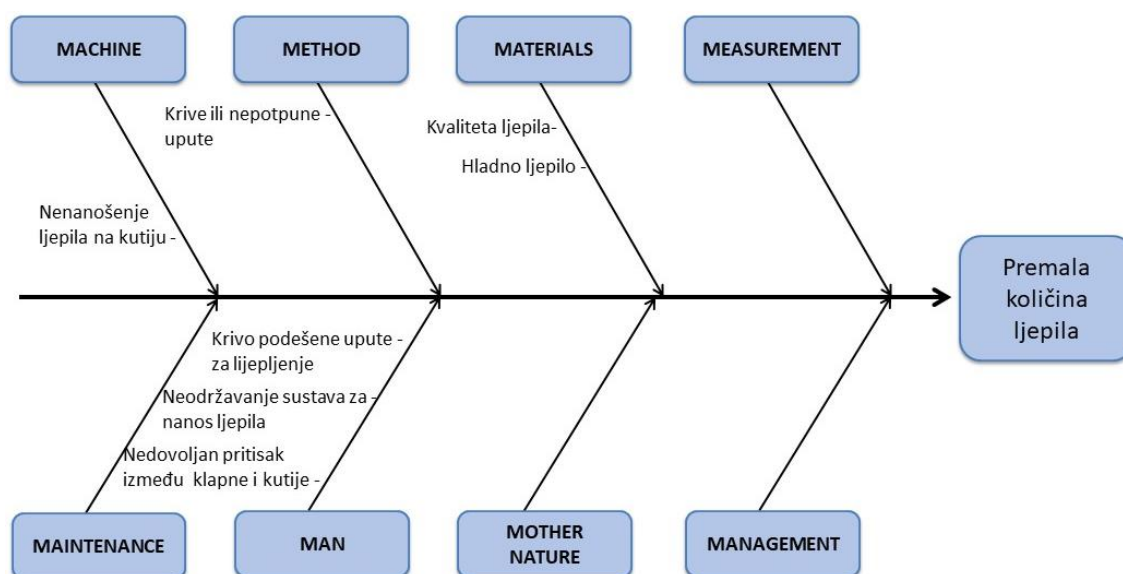
Sljedeća tri razloga spadaju pod kategoriju „Materials“. Prvi razlog je *raslojavanje ploče* do koje dolazi nakon izrade ploča valovitog kartona, odnosno odvajanja ploče na slojeve. Mogući razlog greške je i *savinutost ploče*, odnosno nakon izrade ploče njezina površina nije u potpunosti ravna. Još jedan od navedenih razloga je i *neadekvatnost palete*, odnosno prilikom izrade ploča velikih dimenzija malih gramatura, zbog paleta koje su manjih dimenzija od ploča valovitog kartona, ploče se savijaju na krajevima te s vremenom postaju neupotrebljive.

Sljedeći razlog pripada skupini pod nazivom „Man“, a odnosi se na greške do kojih je došlo zbog utjecaja čovjeka. Kao jedan od razloga u ovoj

kategoriji navode se *tehnoški parametri* koji podrazumijevaju krivo postavljene parametre na stroju od strane zaposlenika na korugatoru. Temperature grijanja i sušenja, parenje i zategnutost papira neki su od parametara na koje treba djelovati. *Neoznačavanje paleta* koje sadrže ploče s greškom mogući je razlog greške do kojeg dolazi ukoliko radnik ne označi takve ploče kako bi se uklonile prije dolaska na doradni stroj. Do greške može doći i zbog *izrade valovitog kartona s krivim unosom papira*, odnosno papira koji nije prethodno dogovoren.

Kategorija „Mother nature“ obuhvaća greške uzrokovane prirodnim čimbenicima. Tu kao uzroci greške spadaju *vлага* i *temperatura* koje ovise o godišnjem dobu, zbog čega mogu utjecati i na kvalitetu materijala.

Sljedeći uzrok reklamacija prema Tablici 3. je „Premala količina ljepila“ sa 23% od ukupnog broja reklamacija. Stoga, sljedeći korak podrazumijeva izradu Ishikawa dijagrama u kojemu će se navesti mogući razlozi premale količine ljepila. (Slika 28.).



Slika 28. - Ishikawa dijagrama „Premala količina ljepila“

Kao i kod prethodnog Ishikawa dijagrama, naveden je jedan od razloga greške u kategoriji „Machine“, a to je *nenanošenje ljepila na kutiju* prilikom prolaza kutije kroz stroj.

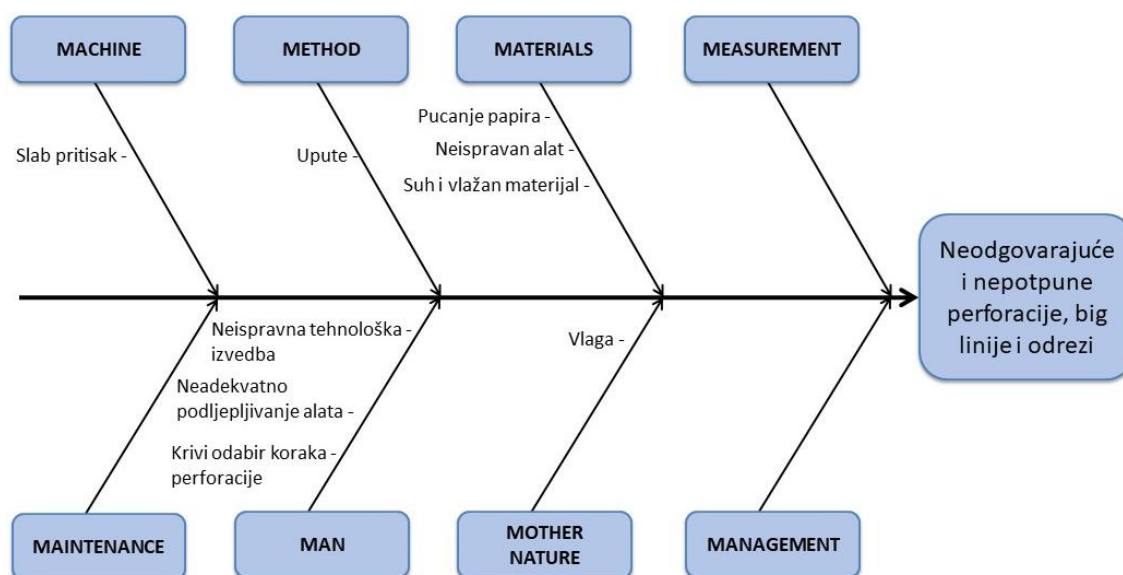
Kategorija „Method“ odnosi se na greške uzrokovane *krivim ili nepotpunim uputama za rad*.

Kategorija „Materials“ kao razloge navodi *kvalitetu ljepila* i *hladno ljepilo*. Ukoliko je ljepilo nekvalitetno, kutija se neće zalijepiti u potpunosti. Isto tako, ukoliko je ljepilo hladno, zgušnjava se zbog čega nanos ljepila nije moguć.

Kategorija „Man“ obuhvaća tri moguća razloga grešaka. *Krivo podešene upute za lijepljenje* jedan su od razloga greške prilikom kojeg dolazi do nanosa ljepila na mjesta na kojima to nije predviđeno. *Neodržavanje sustava za nanos ljepila* također može uzrokovati greške. Zbog neredovitog čišćenja sustava za nanos ljepila stvaraju se nečistoće zbog kojih ljepilo nema slobodan prolaz preko nanosača do kutije. *Nedovoljan pritisak između klapne¹ i kutije* greška je do koje dolazi zbog nedovoljnog pritiska pri nanosu ljepila zbog čega se kutija ne zalijepi.

Sljedeći uzrok po broju reklamacija su „Neodgovarajuće i nepotpune perforacije, big linije i odrezi“ (Slika 29.).

¹ Produžetak kutije koji omogućava njezino lijepljenje



Slika 29. - Ishikawa dijagram „Neodgovarajuće i nepotpune perforacije, big linije i odrezi“

Kategorija „Machine“ kao uzrok greške navodi *slab pritisak* odnosno, pritisak između alata za štancanje i valovitog kartona je slab zbog čega perforacije, big linije i rupe nemaju dobar odrez ili udubljenje.

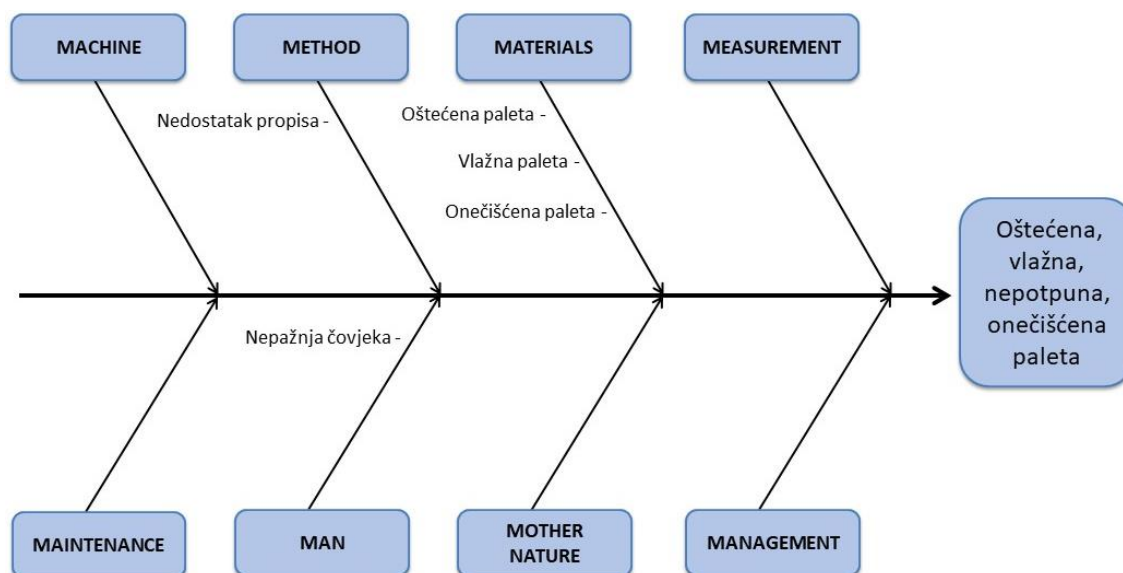
U kategoriji „Method“ kao uzrok greške navode se *upute* koje nisu dovoljno jasne ili su zastarjele.

Kategorija „Materials“ obuhvaća tri greške, a to su: *pucanje papira*, *suh i vlažan materijal* i *neispravan alat*. Do pucanja papira dolazi prilikom dorade valovitog kartona pri čemu, prilikom savijanja, kutija puca po big liniji. Suhoća i vlažnost materijala zahtijevaju različitu silu pritiska između valovitog kartona i štanice, no budući da se primjenjuje ista sila pritiska, može doći do greške, odnosno, ukoliko je materijal vlažan, odrezi, bigovi i perforacije neće biti zadovoljavajuće. Neispravan alat podrazumijeva alat koji ima određenu grešku ili se istrošio uslijed korištenja.

Kategorija „Man“ također navodi greške. *Neispravna tehnološka izvedba*, kao jedan od mogućih razloga greške, podrazumijeva krivo podešavanje stroja te može doći do odreza, big linija ili perforacija na za to nepredviđenim

mjestima. *Neadekvatno podljepljivanje alata* podrazumijeva slabo podljepljivanje alata za štancanje što uzrokuje slabi odrez ili udubljenje kod big linija. Alat je potrebno podlijepiti ukoliko odrez ili big linija nisu zadovoljavajući. *Krivi odabir koraka perforacije* uzrokuje prelako ili preteško trganje perforacije. Ukoliko je korak perforacije mali, trganje će biti teže i suprotno. U uzroke ove reklamacije navedena je još jedna greška svrstana u kategoriju „Mother nature“, a to je *vлага*. Kao što je rečeno, vлага utječe na odrez valovitog kartona, odnosno što je karton vlažniji, za odrez je potrebna veća sila.

Četvrti uzrok po broju reklamacija sa 8 % od ukupnog broja je „Oštećena, vlažna, nepotpuna, onečišćena paleta“ (Slika 30.).



Slika 30.- Ishikawa dijagram „Oštećena, vlažna, nepotpuna, onečišćena paleta“

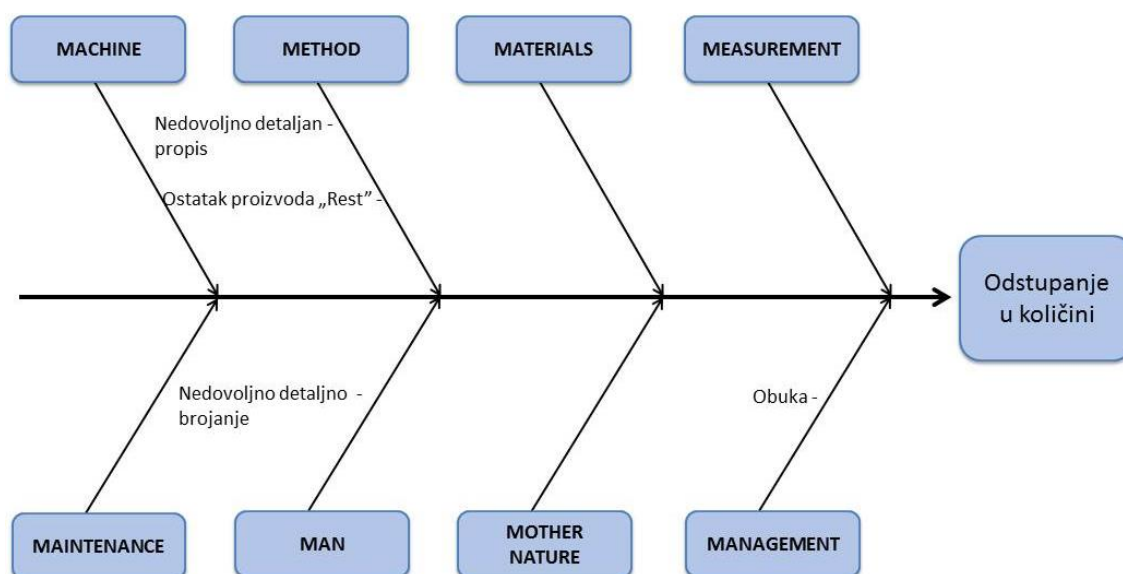
Ovaj uzrok reklamacije odnosi se na drvene palete na koje se slažu kutije prilikom transporta prema kupcu.

U kategoriji „Method“ navodi se greška *nedostatka propisa*, a odnosi se na nepostojeći propis za održavanje i zaštitu drvenih paleta.

Kategorija „Materials“ navodi tri greške, a to su: *oštećena, vlažna ili onečišćena paleta*.

Kategorija „Man“ kao mogući razlog greške navodi *nepažnju čovjeka*, a odnosi se na nezamjećivanje i uklanjanje drvenih paleta s navedenim karakteristikama od strane zaposlenika.

Sljedeći uzrok reklamacija je „Odstupanje u količini“ i zauzima 7% od ukupnog broja reklamacija (Slika 31.).



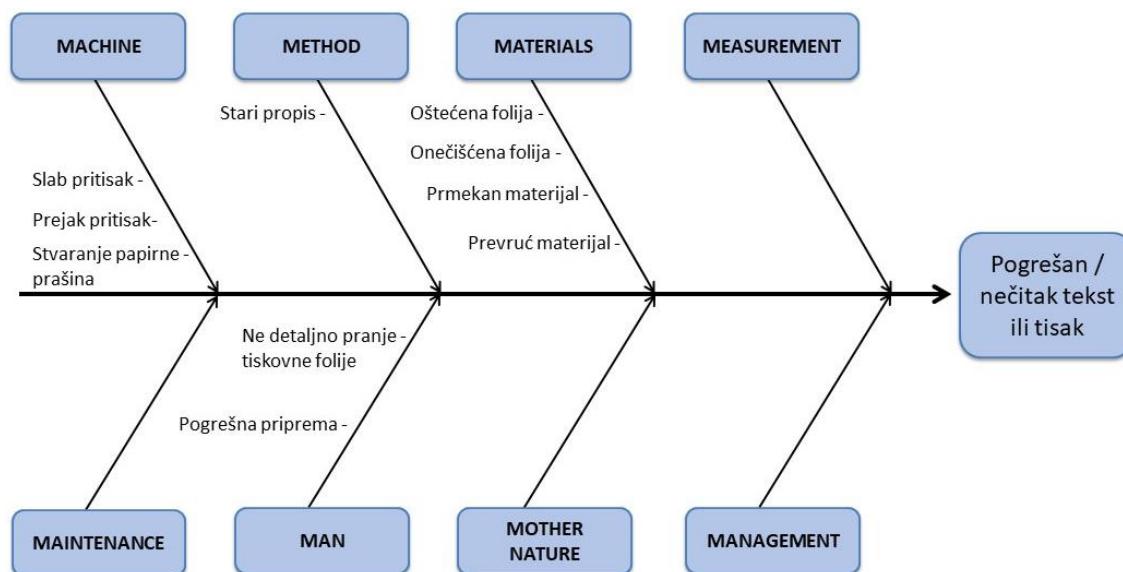
Slika 31. - Ishikawa dijagram „Odstupanje u količini“

Kategorija „Method“ navodi kao mogući razlog greške *nedovoljno detaljan propis* za brojanje količine valovitog kartona na paleti. Još jedan mogući razlog je i *ostatak proizvoda „Rest“*, odnosno uvijek proizveden višak u slučaju neplaniranih situacija prilikom čega bi se proizvela manja količina proizvoda od naručene.

U kategoriji „Man“ kao razlog greške navodi se *nedovoljno detaljno brojanje*, a odnosi se na greške u brojanju proizvoda na paleti od strane zaposlenika. Kao posljednji mogući razlog greške navodi se *obuka* u kategoriji

„Management“, a odnosi se na potrebu za dodatnim informacijama o načinu brojanja proizvoda na paleti.

Posljednji uzrok reklamacija koji ulazi u 80% ukupnih je „Pogrešan / nečitak tekst ili tisak“ i zauzima 5% od ukupnog broja reklamacija. Ishikawa dijagram za ovaj uzrok prikazan je na Slici 32.



Slika 32. - Ishikawa dijagram „Pogrešan / nečitak tekst ili tisak“

Kategorija „Machine“ navodi tri razloga grešaka koje se mogu pojaviti. *Slab ili prejak pritisak*, kao mogući uzrok greške, odnosi se na pritisak između temeljnog cilindra sa tiskovnom formom i tiskovnog cilindra. Ukoliko je pritisak slab, otisak nije potpun, a ukoliko je prejak, dolazi do proširenja tiskovnog elementa. Još jedna greška može se dogoditi prilikom dorade valovitog kartona, a to je *stvaranje papirne prašine*. Riječ je o prašini koja pada na tiskovnu formu i sprječava prelazak boje na tiskovnu podlogu.

U kategoriji „Method“ navode se *stari propisi* za čišćenje tiskovnih formi i stroja, odnosno navodi se potreba za izradom novih propisa kako bi se smanjila količina papirne prašine na tiskovnim formama.

Kategorija „Materials“ obuhvaća četiri moguća uzroka greške. *Oštećena / onečišćena folija*, odnosno oštećenja i nečistoće koje se nalaze na tiskovnoj formi tzv. foliji mogu prouzrokovati greške. Također, zbog *premekog materijala* dolazi do slabijeg upijanja boje prilikom tiska. *Prevruća folija* također ne upija dobro boju što rezultira tiskom manje kvalitete.

Greške uzrokovane čovjekom u kategoriji „Man“ su: *ne detaljno pranje tiskovne folije* i *pogrešna priprema za tisak* koja se odnosi na pogreške u dizajnu, boju ili tekstu proizvoda.

Kako se s Ishikawa dijagramom otkrio veliki broj uzroka grešaka zbog kojih dolazi do reklamacija proizvoda, one su podijeljene u dvije kategorije: kategoriju 1. stupnja i kategoriju 2. stupnja. Kategoriju 1. stupnja čine uzroci grešaka na koje je potrebno odmah djelovati metodom „5 Zašto“, dok su uzroci grešaka 2. stupnja popratni te se usputno rješavaju.

Uzrok reklamacija „Neispravan materijal“ ima devet uzroka grešaka od kojih je pet 1. stupnja te se nad njima provodi metoda „5 Zašto“. Prva od takvih je *raslojenost* koja se nalazi pod kategorijom „Materials“, kao što je vidljivo na Slici 29. Postavljanjem pitanja „Zašto“ zaključilo se kako su glavni uzroci raslojenosti kvaliteta papira i čovjek. U većini slučajeva do malih zastoja dolazi zbog pucanja papira uzrokovanog njegovom kvalitetom ili parametra zatezanja papira na korugatoru kojeg postavlja strojar. Nakon ponovnog pokretanja korugatora, nanos škroba nije dovoljan ili ga uopće nema stoga je potrebno odvojiti valoviti kartone kojima se slojevi nisu adekvatno zalijepili (Tablica 6.).

Tablica 6. - 5 Zašto „Raslojenost“

	Raslojenost
Zašto?	Raslojavanje ploče valovitog kartona
Zašto?	Premala količina/nedostatak škroba
Zašto?	Mali zastoji na stroju
Zašto?	Pucanje papira
Zašto?	Kvaliteta papira/Čovjek

Uzrok greške *savinutost ploče* događa se prilikom promjene vrste valovitog kartona (npr. iz C u BB val), a samim time i unosa papira. Promjenom vrste valovitog kartona potrebno je promijeniti parametre na korugatoru (zatezanje, vlaženje, temperatura itd.), koje su u veći slučajeva, ostali nepromijenjeni. Produkt toga je savinut valoviti karton koji nije upotrebljiv. Potrebno je izraditi upute za promjenu parametara na korugatoru te uputiti strojara na obaveznu provjeru kvalitete valovitog kartona prilikom mijenjanja vrste valovitog kartona (Tablica 7.).

Tablica 7. - 5 Zašto „Savinutost ploče“

	Savinutost ploče
Zašto?	Izrađena savinuta ploča valovitog kartona
Zašto?	Neprilagođenost parametara na stroju
Zašto?	Neusklađivanje parametra s obzirom na promjenu vrste valovitog kartona
Zašto?	Nepažnja strojara
Zašto?	Nema uputa

Treći uzrok greške 1. stupnja su *neadekvatne palete*. Zbog toga što su palete standardne veličine, ploče manjih gramatura (E val) koje su šire od palete savijaju se na rubovima te postaju neupotrebljive. Kao glavni uzrok naveden je način rada, odnosno neisplativost naručivanja paleta posebnih dimenzijama zbog rijetke izrade valovitog kartona tih karakteristika (Tablica 8.).

Tablica 8. - 5 Zašto „Neadekvatne palete“

	Neadekvatne palete
Zašto?	Savijanje ploče valovitog kartona na rubovima
Zašto?	Širina ploče nije u skladu sa širinom palete (šira)
Zašto?	Neisplativost naručivanja paleta posebnih dimenzija
Zašto?	Rijetka izrada valovitog kartona velikih dimenzija sa E valom
Zašto?	Neisplativost

Sljedeća dva uzroka grešaka 1. stupnja nalaze se pod kategorijom „Man“. *Tehnološki parametri* uzrok su greške čovjeka zbog zadržavanja istih parametara na korugatoru kao posljednji put kad je ta kvaliteta izrađena. Nerijetko dođe do promjena u kvaliteti, temperaturi ili vlazi papira zbog čega se parametri na korugatoru trebaju korigirati. Stoga, potrebno je aktivnije pratiti kvalitetu valovitog kartona prilikom promjene vrste valovitog kartona (Tablica 9.).

Tablica 9. - 5 Zašto „Tehnološki parametri“

	Tehnološki parametri
Zašto?	Nepromijenjeni parametri na stroju
Zašto?	Strojar
Zašto?	Potreba za promjenom parametara na stroju
Zašto?	Različita vrsta papira, različita temperatura papira, vlaga itd.
Zašto?	Kvaliteta nije zadovoljavajuća

Posljednji uzrok grešaka 1. stupnja u uzroku reklamacija „Neispravan materijal je *neoznačavanje paleta*. Ukoliko je već došlo do izrade nekvalitetnih ploča valovitog kartona, zaposlenik na izlaganju korugatora dužan ih je označiti kako ploče ne bi došle do doradnog stroja i time izazvale zastoje (Tablica 10.).

Tablica 10. – 5 Zašto „Neoznačavanje paleta“

	Neoznačavanje paleta
Zašto?	Dolazak neupotrebljivih ploče doradni stroj
Zašto?	Neadekvatno označavanje paleta s neupotrebljivim pločama
Zašto?	Nezamjećivanje nekvalitetne ploče na paleti od strane zaposlenika
Zašto?	Nepažnja
Zašto?	Čovjek

Sljedeći uzrok reklamacija po postotku je „Premalo ljepila“ kod kojeg postoje dva uzroka grešaka 1. stupnja, a to su *nenanošenje ljepila na kutiju i krivo podešene upute za lijepljenje*. Greška pri kojoj ljepilo nije nanoseno na kutiju događa se zbog papirne prašine koja se nataloži na senzore fotoćelije za prepoznavanje prolaza kutije kroz doradni stroj. Papirna prašina nastaje zbog rezanja kutije prilikom dorade te je iz tog razloga potrebno redovno čišćenje fotoćelije. Budući da je ovo greška stroja koji stvara prašinu, ona spada pod kategoriju „Machine“ (Tablica 11.).

Tablica 11. - 5 Zašto „Nenanošenje ljepila“

	Nenanošenje ljepila
Zašto?	Neprepoznavanje prolaza kutije
Zašto?	Nereagiranje fotoćelija
Zašto?	Skupljanje papirne prašina na senzoru fotoćelije
Zašto?	Rezanje valovitog kartona
Zašto?	Proces

Uzrok greške *krivo podešene upute za lijepljenje* podrazumijeva nanos ljepila na za to nepredviđena mjesta zbog čega se kutija ne zalijepi ili ljepilo curi izvan kutije. Do toga dolazi zbog krivo podešenih parametara na stroju koji su uzrok nepažnje čovjeka, odnosno strojara te zbog toga pripadaju kategoriji „Man“ (Tablica 12.).

Tablica 12. – 5 Zašto „Krivo podešene upute za lijepljenje“

	Krivo podešene upute za lijepljenje
Zašto?	Kutija nije zalijepljena ili ljepilo curi
Zašto?	Nanošenje ljepila na nepredviđena mjesta
Zašto?	Krivo podešen stroj
Zašto?	Nepažnja
Zašto?	Čovjek

Uzrok reklamacija „Neodgovarajuće i nepotpune perforacije, big linije i odrezi“ ima devet uzroka grešaka od kojih su dvije kategorizirane kao greške 1. stupnja. Prva od njih je *neispravan alat* koja se nalazi u kategoriji „Materials“, a podrazumijeva tup ili oštećen alat (noževi za perforacije, bigove ili odreze i odbojne gumice) koji se istroši prilikom korištenja ili ošteti prilikom transporta (Tablica 13.).

Tablica 13. - 5 Zašto „Neispravan alat“

	Neispravan alat
Zašto?	Neadekvatne perforacije, big linije i odrezi
Zašto?	Tup ili oštećen alat
Zašto?	Istrošenost ili oštećenje prilikom transporta
Zašto?	Velik broj korištenja ili nepažnja
Zašto?	Proces, čovjek

Drugi uzrok greške 1. stupnja nalazi se u kategoriji „Man“ te podrazumijeva greške *neadekvatnog podlijepljivanja*. Kada odrez, perforacija ili big linije nisu adekvatne ili ih nema, potrebno je podlijepiti alat kako bi se povećala sila pritiska između alata i valovitog kartona. Zbog velike raznovrsnosti u kvalitetama valovitog kartona i papirima unutar njega, potrebno je pažljivo pratiti kvalitetu odreza, perforacije ili big linija (Tablica 14.).

Tablica 14. - 5 Zašto „Neadekvatno podljepljivanje“

	Neadekvatno podljepljeno
Zašto?	Neadekvatnost perforacija, big linija i odreza
Zašto?	Potreba za podljepljivanjem alata
Zašto?	Različite vrste materijala ili istrošenost alata
Zašto?	Nepažnja
Zašto?	Čovjek

Uzrok reklamacije „Oštećena, vlažna, nepotpuna, onečišćena paleta“ pod kategorijom „Method“ ima grešku 1. stupnja, a to je *nedostatak propisa*. Uzrok greške događa se prilikom preuzimanja paleta koje se od kupca vrate vlažne, oštećene, nepotpune ili onečišćene ili prilikom preuzimanja novih paleta koje su nerijetko izrađene neposredno prije transporta te je drvo još svježije. Paleta koje su došle od kupca potrebno je pregledati i održavati kako bi one bile spremne za transport. Nove palete treba kondicionirati kako bi se svježije drvo osušilo. Uzrok tih grešaka je nepostojanje propisa za održavanje i selekciju paleta (Tablica 15.).

Tablica 15. - 5 Zašto „Nedostatak propisa“

	Nedostatak propisa
Zašto?	Vlažne, oštećene ili onečišćene kutije
Zašto?	Vlažne, oštećene ili onečišćene palete
Zašto?	Dostavljene su takve ili se tijekom skladištenja navlaže, oštete ili onečiste
Zašto?	Nedostatak uputa za održavanje ili selekciju paleta na stroju
Zašto?	Management

Drugi uzrok greške 1. stupnja nalazi se u kategoriji „Man“, a odnosi se na *nepažnju čovjeka*. Kutije se stavljaju na oštećene, prljave i vlažne palete što

kasnije dovodi do reklamacija. Radnik na izlaganju ne obraća pažnju na stanje paleta te ne odvaja one koje nisu upotrebljive (Tablica 16.).

Tablica 16. - 5 Zašto „Nepažnja čovjeka“

	Nepažnja čovjeka
Zašto?	Stavljanje kutija na oštećene, onečišćene, nepotpune ili vlažne palete
Zašto?	Nepažnja zaposlenika
Zašto?	Neodvajanje oštećene, prljave ili vlažne palete
Zašto?	Čovjek
Zašto?	Nedostatak uputa

Pretposljednji uzrok reklamacija je „Odstupanje u količini“ koji ima jedan uzrok greške kategoriziran kao greška 1. stupanja. Uzrok *ostatak proizvoda* („Rest“) spada pod kategoriju „Method“ te podrazumijeva želju kupca za isključivo punim paletama. Ostatak (višak) koji se proizvede ne može se prodati kao gotov proizvod nego eventualno, kao poluproizvod, odnosno ploča valovitog kartona. Sustav Witron, koji je u tvrtki osnovni program praćenja cijelog procesa, ne dopušta izradu narudžbe bez zadanog viška proizvoda u slučaju neplaniranih situacija koje bi dovele do proizvodnje manje količine proizvoda od naručene (Tablica 17.).

Tablica 17. - 5 Zašto „Ostatak proizvoda“

	Ostatak proizvoda („Rest“)
Zašto?	Želja kupca za punim paletama, ostatak ide u „Rest“
Zašto?	Nemogućnost automatskog dobivanja samo punih paleta
Zašto?	Sustav Witron
Zašto?	Osiguravanje proizvodnje dovoljne količine proizvoda
Zašto?	Neplanirane situacije

Posljednji uzrok reklamacija „Pogrešan / nečitak tekst / tisak“ ima dva uzroka greške 1. stupnja. Uzrok greške *stvaranje papirne prašine* u kategoriji je „Machine“, a nastaje skupljanjem papirne prašine na tiskovnoj formi. Papirna prašina sprječava prijelaz boje na tiskovnu formu, a time i na tiskovnu podlogu zbog čega nastaju dijelovi bez tiska na kutiji od valovitog kartona (Tablica 18.).

Tablica 18. - 5 Zašto „Stvaranje papirne prašine“

	Stvaranje papirne prašine
Zašto?	Nastanak neotisnutih dijelova na kutiji
Zašto?	Sprječavanje prelaska boje na ploču
Zašto?	Skupljanje papirne prašine na tiskovnoj formi
Zašto?	Proces dorade
Zašto?	Stroj

Drugi uzrok greške kod ovog uzroka reklamacija je *premekan materijal*, a podrazumijeva dolazak mekanog, tek izrađenog materijala na doradni stroj. Takav materijal ne upija boju jednako dobro kao i tvrdi materijal koji je skladišten određeno vrijeme. Razlog tome su hitne narudžbe prilikom kojih kupac zahtijeva brzu izradu i isporuku proizvoda (Tablica 19.).

Tablica 19. - 5 Zašto „Premekan materijal“















	Premekan materijal
Zašto?	Nezadovoljavajući tisak
Zašto?	Neupijanje boje kod mekog materijala
Zašto?	Dolazak materijala na doradni stroj neposredno nakon izrade na korugatoru
Zašto?	Vremensko ograničenje
Zašto?	Zahtjev kupca





S ovim završava faza „analiziranje“. Tim sad ima sve potrebne podatke za određivanje aktivnosti koje će se provesti u svrhu poboljšanja procesa.

6.4. Poboljšanje procesa

Nakon provođenja analize glavnih uzroka reklamacija slijedi faza u kojoj tim na temelju spoznaja iz prethodne faze sastavlja planove aktivnosti s ciljem poboljšanja procesa, odnosno smanjenja broja reklamacija. Osnovni cilj bio je da se za svaki razlog 1. stupnja odredi aktivnost koja bi ga smanjila ili otklonila (Tablica 20.).

Tablica 20. - Plan aktivnosti u fazi „poboljšanje“

Plan aktivnosti				
	Aktivnosti	Odgovoran	Rok	Realizacija
1	Zamijeniti valjke na korugatoru (pokušati spriječiti prešanje ploče na rubu)	Osoba K	22.02.2018.	
2	Obnoviti radnu uputu za kontrolu ploča na izlaganju korugatora i slaganje na paletu	Osoba H	15.03.2018.	
3	Kontrolirati slaganje paleta i parametre na stroju u cilju sprječavanja savinutosti proizvoda	Osoba H	1.4..2018	
4	Napraviti radionicu na temu "Savinutost ploča" (parametri i male palete)	Osoba B	26.2.2018.	
5	Probati sa slaganjem E vala velikih dimenzija na dvije euro palete	Osoba H	20.3.2018.	
6	Pratiti kvalitetu ploče u samom procesu te po potrebi mijenjati parametre na stroju	Osoba H	1.4.2018.	
7	Pratiti odvajanje i označavanje savinutih ploča na izlaganju	Osoba H	1.4.2018.	
8	Obnoviti radnu uputu mijenjanja vulkolana (ffg, csm) /vulkolan pratiti prema broju udaraca	Osoba F	26.2.2018.	
9	Preispitati korištenje vrsta gumica na alatu	Osoba J	5.3.2018.	
10	Izraditi upute za održavanje paleta i selekciju paleta	Osoba B	26.2.2018.	
11	Evidentirati napredak projekta "Raslojene ploče"	Osoba B	20.3.2018.	
12	Pratiti parametre na stroju te temperaturu i vlagu na ulazu papira na glavama korugatora	Osoba B	5.3.2018.	
13	Napraviti analizu uzorka praćene 711 kvalitete s korugatora	Osoba B	5.3.2018.	
14	Pratiti visinu big linija te ih po potrebi mijenjati	Osoba H	13.3.2018.	

15	Investirati u brisače na doradnim strojevima	Osoba A	1.1.2019.	
16	Napraviti završnu analizu i kontrolirati daljnji proces	Osoba B	1.4.2018.	
17	Ispitati vlažnost punih podnica kod kupca i napisati izvještaj	Osoba B	17.5.2018.	
18	Napraviti radionicu na temu "Reklamacije lijepljenja na CSM-u i FFG-u"	Osoba B	18.6.2018.	

Iz Tablice 20. vide se sve aktivnosti koje su provedene tijekom faze poboljšanja. Uz aktivnosti koje su se provele, tablica prikazuje odgovorne osobe i rokove za provođenje aktivnosti te stupanj realizacije svake aktivnosti (djelomično ili potpuno).

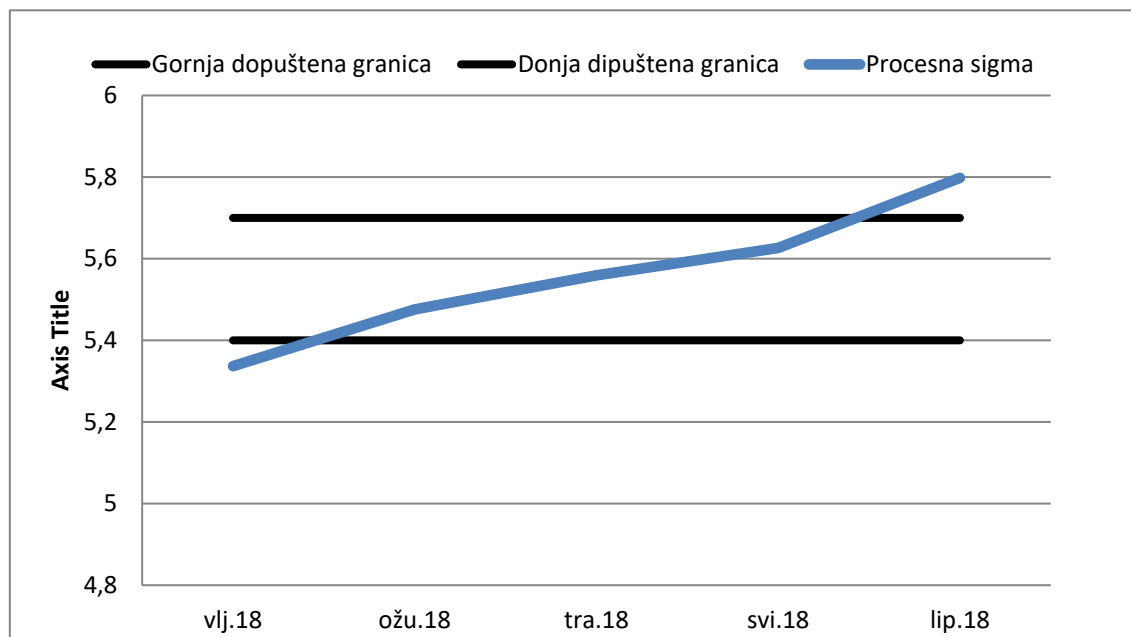
Tijekom provođenja plana aktivnosti na mjesečnoj bazi mjerile su se procesna sigma i DPMO vrijednost kako bi se utvrdila razina poboljšanja.

Krajem veljače kreće faza poboljšanja procesa. Tijekom prvih tjedana veljače dolazi do problema s kvalitetom 711, odnosno kvalitetom valovitog kartona BB vala. Reklamacije su stizale krajem veljače te su se zasnivale na pucanju kutije po big linijama. Istraživanjem problema tim zaključuje kako je uzrok reklamacije visina valjka za biganje na korougatoru. Tim je proveo aktivnosti pod rednim brojevima 12. i 13. iz Tablice 20. Utvrđeno je da je valjak previsoko postavljen zbog čega big linije nisu dovoljno duboke. Budući da kutija nije dovoljno oslabljena na big liniji, prilikom pokušaja savijanja valoviti sloj probija vanjski sloj valovitog kartona. Daljnja aktivnost je praćenje kvalitete big linija te po potrebi mijenjanje njihove visine što je navedeno u aktivnosti 14. iz Tablice 20. Zbog navedenih reklamacija, procesna sigma za veljaču iznosila je 5,34 dok je DPMO iznosio 62,32.

U ožujku se velik broj aktivnosti privodi kraju, te se broj reklamacija smanjuje. Procesna sigma za ožujak iznosila je 5,48 dok je DPMO iznosio 35,06. Do kraja travnja odrađene su sve aktivnosti te je sljedeći korak definiranje načina praćenja procesa te, ukoliko bude potrebno, dodavanje dodatnih aktivnosti.

6.5. Kontrola procesa



Nakon provedbe aktivnosti i usmjeravanja procesa u željenom smjeru, potrebno je odrediti način praćenja procesa. Tim se odlučio da će proces pratiti putem kontrolnih karata. Pomoću kontrolne karte može se pratiti razina procesne sigme tijekom različitog vremena (Slika 33.). Definiranjem načina praćenja procesa zatvara se faza „kontrola“ dok se praćenje procesa nastavlja.



Slika 33. – Kontrolna karta procesne sigme

Na Slici 33. kontrola karta prikazuje kretanje razine procesne sigme na mjesečnoj bazi od veljače 2018. do lipnja 2018. godine. Da proces ide u željenom smjeru pokazala je i procesna sigma koja je u travnju iznosila 5,56 dok je DPMO iznosio 24,61. Svibanj je pokazao još bolje rezultate s razinom procesne sigme od 5,63 i s vrijednosti DPMO-a 18,43. Tijekom tog razdoblja tim se susreo sa dva veća razloga reklamacija za koje je bilo potrebno provesti aktivnosti (Tablica 21.). Razlozi reklamacije bili su vlažnost kutija i kvaliteta lijepljenja kutija.

Tablica 21. - Plan aktivnosti u fazi „kontrola“

Plan aktivnosti				
	Aktivnosti	Odgovoran	Rok	Realizacija
17	Ispitati vlažnost punih podnica kod kupca i napisati izvještaj	Osoba B	17.5.2018.	
18	Napraviti radionicu na temu "Reklamacije lijepljenja na CSM-u i FFG-u"	Osoba B	18.6.2018.	

Aktivnost pod rednim broj 17. u Tablici 21. provela se zbog reklamacija vezanih uz vlažnost kutija. Utvrđeno je da je razlog toga korištenje punih podnica² umjesto podnica sa razmaknutim daskama. Budući da se pune podnice sporije suše od podnica s razmaknutim daskama, došlo je do prelaska vlage sa podnice na gornji sloj kutija na paleti. Aktivnost se provela kod kupca prilikom čega su se odvajale vlažne kutije, dogovarala detaljnija mjerenja vlažnosti podnica te dulje vrijeme kondicioniranja istih.

Aktivnost pod rednim brojem 18. provela se zbog reklamacija koje su se odnosile na kvalitetu lijepljenja kutija tijekom travnja i svibnja. Organizirana je radionica na kojoj je ustanovljeno da do greške dolazi prilikom pokretanja naloga (narudžbe) i prilikom zastoja stroja pri čemu nekoliko kutija prođe kroz stroj bez da se na njih nanese ljepilo. Predradnik dorade dobio je zadatak održati sastanak sa zaposlenicima na strojevima te ih uputiti na veću pozornost prilikom odvijanja navedenog procesa.

Iz Slike 33. može se vidjeti kako provođenjem aktivnosti i daljnjom kontrolom procesna sigma raste te za lipanj iznosi 5,80 dok DPMO vrijednost iznosi 8,61.

² Drvena konstrukcija (slična paleti) koja se postavlja na kutije koje su na paleti u svrhu njihove zaštite

7. RASPRAVA REZULTATA

Procesna sigma reklamacija u tvrtki Model Pakiranja d.d., za 2017. godinu iznosila je 5,54 odnosno 26,51 pogreška na milijun prilika. Kako bi se procesna sigma poboljšala kreće se s implementacijom „Six sigma“ metodologije. Početkom 2018. godine tijekom faza definiranja, mjerenja i analiziranja tim se susreće s padom procesne sigme uzrokovane neočekivanom greškom tijekom proizvodnje valovitog kartona. Iz tog razloga procesna sigma za veljaču iznosi 5,34. Tijekom ožujka provode se zadane aktivnosti, a s tim i povećanje procesne sigme na 5,46. Pravi rezultati provođenja aktivnosti vide se u travnju tijekom faze kontroliranja procesa gdje procesna sigma iznosi 5,56 što pokazuje da projekt ide u dobrom smjeru. U svibnju tim odrađuje dodatne dvije aktivnosti u cilju sprječavanja daljnjih reklamacija te se procesna sigma povećava na 5,63. Posljednji mjesec pokazuje da je proces u konstantnom poboljšanju, što je i glavni cilj „Six sigma“ metodologije te procesna sigma za lipanj iznosi 5,80 sa 8,61 pogreškom na milijun prilika.

Iz svega navedenog može se zaključiti da je projekt „Smanjenje broja reklamacija proizvoda“ uz implementaciju „Six sigma“ metodologije dosad izveden uspješno pri čemu je primjena „Six sigma“ metodologije dovela do smanjenja broja reklamacija proizvoda čime se hipoteza istraživanja *Provođenje „Six sigma“ metodologije utjecat će na smanjenje broja reklamacija proizvoda od valovitog kartona* može potvrditi.

Tim nastavlja s praćenjem projekta „Smanjenje broja reklamacija proizvoda“ s ciljem njegovog konstantnog poboljšanja.

8. ZAKLJUČAK

„Six sigma“ je pravilima određen pristup i metodologija koja za cilj ima smanjiti broj varijacija u procesu na minimum odnosno 3,4 DPMO-a. Tijekom godina razvijene su mnoge metode za postizanje tog cilja. Najčešće primijenjena od njih je DMAIC metoda koja služi za poboljšanje postojećeg procesa.

Implementacijom „Six sigma“ metodologije tvrtka Model Pakiranja d.d. za cilj ima poboljšati sve procese unutar tvrtke, u ovom slučaju, smanjiti broj reklamacija proizvoda. Provođenjem projekta „Smanjenje broja reklamacija proizvoda“ kroz DMAIC metodu došlo je do poboljšanja procesa, a samim time i smanjenja broja reklamacija. Na rezultatima se vidi napredak procesne sigme i DPMO vrijednosti nakon faze „poboljšanja“. Može se pretpostaviti da je implementacija „Six sigma“ metodologije u tvrtki Model Pakiranja d.d. zasad pokazala uspjeh koji se svakako nastavlja pratiti.

Zbog kompleksnosti procesa, velikog broja uzroka reklamacija i obuhvata svih strojeva u tvrtki, način djelovanja na uzroke reklamacija je u većini slučajeva korektivne naravi. U budućnosti, na timu je ustanoviti ponavljajuće uzroke grešaka koje dovode do razloga reklamacije te preventivnim mjerama spriječiti njihovo ponavljanje. Projekt „Smanjenje broja reklamacija proizvoda“ iza sebe ima tri uspješna mjeseca od završetaka posljednje faze, što znači da proces ide u dobrom smjeru dok postizanje krajnjeg cilja svakako zahtjeva nastavak kontrole procesa i provođenje daljnjih aktivnosti.

9. POPIS SLIKA I TABLICA

SLIKA 1. – PAPIRI ZA RAVNI I VALOVITI SLOJ	4
SLIKA 2.- OBLIK VALA	6
SLIKA 3. - VRSTE VALA	7
SLIKA 4. - DVOSLOJNI VALOVITI KARTON	8
SLIKA 5. - TROSLOJNI VALOVITI KARTON	8
SLIKA 6. - PETEROSLOJNI VALOVITI KARTON	9
SLIKA 7. - SEDMEROSLOJNI VALOVITI KARTON	9
SLIKA 8. - KORUGATOR	10
SLIKA 9. - TISKOVNA FORMA ZA FLEKSOTISAK	11
SLIKA 10. - PRINCIP RADA FLEKSOTISAKA	12
SLIKA 11. - RAVNA ŠTANCA	13
SLIKA 12. - ROTACIJSKA ŠTANCA	14
SLIKA 13. - NORMALNA RASPODJELA S POMAKOM OD 1,5 SIGMA	16
SLIKA 14. - HIJERARHIJA „SIX SIGMA“ PROJEKTA	17
SLIKA 15. - DMAIC ILI DMADV DIJAGRAM	21
SLIKA 16. – DMAIC	22
SLIKA 17. - POVELJA PROJEKTA	23
SLIKA 18. - PARETO DIJAGRAM	25
SLIKA 19. - ISHIKAWA DIJAGRAM	27
SLIKA 20. - PLAN AKTIVNOSTI	29
SLIKA 21. - KONTROLNA KARTA	30
SLIKA 22. – DMADV	31
SLIKA 23. - POVELJA PROJEKTA „SMANJENJE BROJA REKLAMACIJA PROIZVODA“	32
SLIKA 24. - PARETO DIJAGRAM PROJEKTA	35
SLIKA 25. - DPMO ZA 2015., 2016. I 2017. GODINU	37
SLIKA 26. - SIGMA PROCESA ZA 2015., 2016. I 2017. GODINU	38
SLIKA 27. - ISHIKAWA DIJAGRAMA „NEISPRAVAN MATERIJAL“	39
SLIKA 28. - ISHIKAWA DIJAGRAMA „PREMALA KOLIČINA LJEPILO“	40
SLIKA 29. - ISHIKAWA DIJAGRAM „NEODGOVARAJUĆE I NEPOTPUNE PERFORACIJE, BIG LINIJE I ODREZI“	42
SLIKA 30.- ISHIKAWA DIJAGRAM „OŠTEĆENA, VLAŽNA, NEPOTPUNA, ONEČIŠĆENA PALETA“	43
SLIKA 31. - ISHIKAWA DIJAGRAM „ODSTUPANJE U KOLIČINI“	44
SLIKA 32. - ISHIKAWA DIJAGRAM „POGREŠAN / NEČITAK TEKST ILI TISAK“	45
SLIKA 33. – KONTROLNA KARTA PROCESNE SIGME	56

TABLICA 1. - VRSTE VALA	6
TABLICA 2. - MJERENJA UZROKA REKLAMACIJA	35
TABLICA 3. - KONAČNI POPIS 80% UZROKA REKLAMACIJA	36
TABLICA 4. – IZRAČUN POČETNOG DPMO-A I PROCESNE SIGME.....	36
TABLICA 5. - DPMO I SIGMA PROCESA 2015., 2016. I 2017. GODINU	37
TABLICA 6. - 5 ZAŠTO „RASLOJENOST“	47
TABLICA 7. - 5 ZAŠTO „SAVINUTOST PLOČE“	47
TABLICA 8. - 5 ZAŠTO „NEADEKVATNE PALETE“	48
TABLICA 9. - 5 ZAŠTO „TEHNOLOŠKI PARAMETRI“	48
TABLICA 10. – 5 ZAŠTO „NEOZNAČAVANJE PALETA“	49
TABLICA 11. - 5 ZAŠTO „NENANOŠENJE LJEPILO“	49
TABLICA 12. – 5 ZAŠTO „KRIVO PODEŠENE UPUTE ZA LIJEPLJENJE“	50
TABLICA 13. - 5 ZAŠTO „NEISPRAVAN ALAT“	50
TABLICA 14. - 5 ZAŠTO „NEADEKVATNO PODLIJEPLJIVANJE“	51
TABLICA 15. - 5 ZAŠTO „NEDOSTATAK PROPISA“	51
TABLICA 16. - 5 ZAŠTO „NEPAŽNJA ČOVJEKA“	52
TABLICA 17. - 5 ZAŠTO „OSTATAK PROIZVODA“	52
TABLICA 18. - 5 ZAŠTO „STVARANJE PAPIRNE PRAŠINE“	53
TABLICA 19. - 5 ZAŠTO „PREMEKAN MATERIJAL“	53
TABLICA 20. - PLAN AKTIVNOSTI U FAZI „POBOLJŠANJE“	54
TABLICA 21. - PLAN AKTIVNOSTI U FAZI „KONTROLA“	57

10. LITERATURA

1. Pyzdek Thomas, Keller Paul A. (2010.). The Six Sigma Handbook, 3.izdanje, The McGraw-Hill Companies, Sjedinjene Američke države
2. Cronemyr Peter (2007.); International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, Vol. 3, Inderscience Enterprises Ltd, Finspong, Sweden
3. <http://www.fefco.org/> - pristupljeno 17.05.2018.g
4. Weedon Group (2014.); Corrugated Board Made Simple, Ujedinjeno Kraljevstvo
5. Holik Herbert (2006.). Handbook of Paper and Board, Wiley-vch Verlag GmbH & Co., Weinheim
6. <http://materijali.grf.unizg.hr/media/10%20Karton%20i%20ljepenka.pdf> - pristupljeno 17.05.2018.g
7. Jurečić Denis (2015.). Istraživanje čvrstoće ambalaže od valovitog kartona u kondicioniranim uvjetima, Doktorski rad, Grafički fakultet, Zagreb
8. Kičinbaći J., Mrvac N.; Bertić I. (2007.). Trendovi razvoja fleksografskog tiska, Grafički fakultet, Zagreb
9. Nandakumar M., Paramasivam A. (2006.). Gravure, Flexography & Screen Printing, Department of Printing Technology, Arasan Ganesan Polytechnic College, Sivakasi
10. Valdec Dean (2013.). Utjecaj promjenjivih parametara fleksotiska na geometriju rasterskoga elementa predotisnute tiskovne podloge, Doktorski rad, Grafički fakultete, Zagreb
11. <https://www.bobst.com> - pristupljeno 18.05.2018.g
12. <https://www.brighthubpm.com/> - pristupljeno 18.05.2018.g
13. Goldsby Thomas, Martichenko Robert (2005.). Lean six sigma logistics, J. Ross Publishing, Florida
14. McCarty, Daniels, Bremer, Gupta. (2005.). The Six Sigma Black Belt Handbook, McGraw Hill , Sjedinjene Američke države

15. Habul Aida, Pilav-Velić Amila, Kremić Emir (2011.). Improvements od business process by implementing six sigma model, 7. Naučno - stručni skup sa međunarodnim učešćem "Kvalitet 2011", Neum
16. <http://www.sixsigmadaily.com> - pristupljeno 05.06.2018.g
17. George Michael L. (2003.). Lean Six Sigma for service, The McGraw-Hill Companies, Sjedinjene Američke države
18. Pyzdek Thomas (2003.). The Six Sigma Handbook, The McGraw-Hill Companies, Sjedinjene Američke države
19. <http://www.whatissixsigma.net> - pristupljeno 05.06.2018.g
20. <https://goleansixsigma.com> - pristupljeno 05.06.2018.g
21. Selvi K., Majumdar Rana (2014.). Six Sigma- Overview of DMAIC and DMADV, International Journal of Innovative Science and Modern Engineering, Vol. 2, Issue 5.